اقرأ

سلسلة ثقافية شهرية
تصدر عن دار المعارف

دكتور منير على الجنزورى

الاستنساخ
القصة كاملة



اقرأ

سلسلة ثقافية شهرية
تصدر عن دار المعارف

[٦٢٩]

رئيس التحرير: رجب البنا

تصميم الغلاف : **محمد أبو طالب**

دكتور منير على الجنزورى

الاستنساخ

القصة كاملة

الطبعة الثانية



دار المعارف

إن الذين عنوا بإنشاء هذه السلسلة ونشرها ، لم يفكروا إلا فى شىء واحد ، هو نشر الثقافة من حيث هى ثقافة ، لا يريدون إلا أن يقرأ أبناء الشعوب العربية . وأن ينتفعوا ، وأن تدعوهم هذه القراءة إلى الاستزادة من الثقافة ، والطموح إلى حياة عقلية أرقى وأخصب من الحياة العقلية التى نحياها .

طه حسين

الناشر : دار المعارف - ١١١٩ كورنيش النيل - القاهرة ج . م . ع .

الفصل الأول

« الاستنساخ وأصداؤه »

طالعتنا الصحف فى شهر فبراير ومع مطلع شهر مارس عام ١٩٩٧ بإنجاز علمى حاز اهتمامًا منقطع النظير ، ذلك هو نجاح تجارب الاستنساخ ، ومنذ ذلك الحين استولى الخبر على ألباب الناس كافة وأصبح على لسان كل ذى عينين ، يستوى فى ذلك من له صلة بالعلوم أو من ليس له بها صلة ، ذلك أن الأمر جد خطير ويؤثر على حاضرنا ومستقبلنا نحن بنى البشر . وقد نقلت جميع وسائل الاتصال خبر هذا الحدث المذهل إلى جميع أنحاء المعمورة ، وتردد صداه من أقصى الأرض إلى أقصاها . لقد أثار ذلك الإنجاز العلمى الكثير من الجدل الذى أشتمل على مداخلات متعددة الاتجاهات ، اصطدمت بقوة مع القيم والمفاهيم بما حتم على الممسكين بصولجان السياسة وكذلك على المشتغلين بالعلوم ورجال الدين وأساطين الفكر والقانون والاجتماع ، حتم عليهم جميعًا شحذ العقول وإعمال الفكر وقدح الذهن لوضع أسس مواجهة هذا الواقع الجديد .

وموجز الخبر أن مجموعة من العلماء من بريطانيا (فى معهد روزلين فى مدينة أدنبره باسكوتلاندة) أمكنهم بعد تجارب متعددة

الحصول على شاة – أسموها (دوللى Dolly) (شكل رقم ١) ليس عن طريق التزاوج المعروف ، ولكن عن طريق إدماج خلية من جسم نعجة فى بويضة نعجة أخرى وكانت الشاة « دوللى » الناتجة صورة طبق الأصل من النعجة صاحبة الخلية الجسمية ، والجدير بالذكر أن الشاة الشهيرة هذه سميت باسم مغنى يدعى « دوللى بارتون Dolly Parton والمثير فى هذا الأمر عدة نواحى ، منها إمكانية الحصول على أعداد كبيرة من الشياه المتشابهة معا تمام الشبه والتى تشابه فى الوقت نفسه النعجة التى أخذت منها الخلية ، أى أنه سيصبح بالإمكان إنتاج العديد من النسخ المتشابهة من الشياة والتى هى فى الأصل نسخ من نعجة واحدة أخذت منها خلايا جسمية ليتم إدخال كل منها فى بويضة لتتحد بها وينتج عن كل عملية اتحاد جنين ينمو ليعطى شاة كاملة . ومن ناحية أخرى فإن نجاح هذه التجربة أوضح بجلاء أنه يمكن الحصول على أفراد جدد ، وذلك دون الحاجة إلى الزواج الجنسى المعروف ودون الحاجة إلى ذكر يقوم بعملية التلقيح !! أى أنه بالاستنساخ لم تعد البويضة فى حاجة إلى حيوان منوى لتعطى فردًا جديدًا ، ولم تعد الأنثى فى حاجة إلى ماء الذكر لكى تحمل فى جنين وتضع مولودا !

وإذا كان الأمر عند هذا الحد يعتبر تحديا علميًا لكل المفاهيم السائدة لعملية التكاثر ، فإن ما جعل الأمر هدفا للجدل المرير هو إمكانية نقل التجربة من عالم الحيوان إلى بنى البشر . ولقد لقى هذا الاحتمال



شكل (١)
النعجة « دوللى » والعالم إيان ويلموت

معارضة شديدة فى معظم أنحاء العالم لأسباب عدة ، منها مثلا أن طريقة التكاثر هذه تخالف النظام الإلهى الذى وضعه الله عز وجل ، ومنها أيضا المشاكل التى ستترتب على وجود تشابه تام بين مجموعة من الأفراد ، وكذلك أنه إذا أخذت خلية جسمية من أنثى وأدخلت فى بويضة فإن الأنثى الناتجة لن يكون لها أب ، وفى هذا تدمير لنفسية الإنسان ومعنوياته ، كما أن نظام المواريث سيواجه عقبات غير مسبوقة . وقد يؤدى الاستنساخ إلى الإكثار من الذكور على حساب الإناث أو العكس فيختل بذلك التوازن الطبيعى بينهما ، وفضلاً على ذلك فإن الاستنساخ يعطى أفرادًا متطابقة وراثيا ، ويلغى الفروق الفردية مما يعرض هؤلاء للإبادة الجماعية فيما لو تعرضوا لوباء مثلا – حيث ستكون استجاباتهم وقدراتهم على التحمل متساوية ، ويزيد البعض فيقول : إن الاستنساخ البشرى سيترتب عليه ممارسة الفكر الضال ، وشيوع الجريمة حيث سيكون للبصمة الواحدة مائة شخص – ويقولون إن الإنسان بمثل هذه التقنيات يميل بنفسه إلى الفساد تحقيقًا لقوله تعالى ﴿ أتجعل فيها من يفسد فيها ويسفك الدماء ، ونحن نسبح بحمدك ونقدس لك ﴾[1] وقد ذهبت المخاوف بالبعض خشية أن تقوم بعض الجهات – بعد استكمال تمكن العلماء من آليات هذه التقنية فى مقتبل الأيام – تقوم باستنساخ شخصيات تاريخية ، ذات

(١) سورة البقرة : الآية ٣٠ .

تاريخ أسود تعمل على إشاعة الرعب والدمار . وتحضرنى هنا مقالة بعنوان « الاستنساخ والاستمساخ » نشرها الشاعر المعروف الدكتور أحمد تيمور الأستاذ بجامعة الأزهر ، وذلك فى ٣١ مارس ١٩٩٧ فى جريدة الأهرام الغراء قال فيها : « حتى هنا وإلى الآن وحرف النون الساكن فى منتصف كلمة الاستنساخ لا ضير منه ولا ضرر ، وعلى العكس فهو لا يخلو من فائدة ولا يفتقد النفع ولكن ، بعد ذلك من الذى وما الذى يضمن لنا ألا تزكم الأنوف رائحة مشبوهة تفوح من كوى معمل سرى تحت الأرض .. أى أرض ، تهب علينا من حيث لا نعرف فتستحيل النون إلى ميم تحول بدورها الاستنساخ إلى استمساخ . إننا عندما نترك المعمل كاملاً لمستر فرانكشتين بلا رقيب ولا حسيب .. فلسوف يخرج علينا من بابه مسخة الأسطورى .. وما الأدب إلا نبوءة العلم المبكرة وناقوس الإنذار الذى يدق على أسواره . ولسوف يوالى بعدها المسيخ فى إرسال مسوخه إلينا .. تملأ الطرقات وتقتحم علينا البيوت .. تتسلل إلى مخادعنا وتستولد نساءنا أشباحها .. وتحرق الكتب .. وتقلب الطاولات دوننا .. تأكل أكلنا وتشرب شرابنا وتطردنا إلى التيه نلوك الرمل والندم ونحتسى الفقد والسراب قبل أن يظهر المسيخ ويبدأ فعل الاستمساخ لابد أن يتحلّق المجتمع البشرى كله من حول مائدة مستديرة تتساوى فيها الرءوس مقبعة كانت أو مقلنسة أو عارية .. من الشرق أتت أو من الغرب .. من الشمال الغنى أو الجنوب الفقير ، وبغرض إعلان ميثاق أخلاقى

يلزم معامل الأبحاث فى كافة أنحاء المسكونة بألا تقترب من الدائرة البشرية المحرمة » ، ثم استطرد قائلاً : « إن مخاوف مثل هذه لابد أن نتوهمها قبل أن تسفر عن وجهها غير المقنع . فإن التكنولوجيا قد تجاوزت العلم بنفس تلك المسافة التى تجاوز العلم بها الفلسفة ، فلم يبق للإنسان فى غيبة النظرة الكلية للأشياء والاستخدام المقنن للعلاقات بينها إلا الخوف . وإن مخاوف تجاوز التقنيات قدرتنا على إخضاعها لإرادتنا ولخير البشرية ليست مخاوف عقل العالم الثالث الذى يتقول على العنب ويتهمه بأنه حصرم لأنه لا يجد سبيلاً إلى تذوقه ، فهذا رئيس أكبر دولة فى العالم الأول يحذر من خطر تسلل الاسترسال الاستنساخى الجسدى للسلالة الإنسانية ، فإن استنساخ الإنسان للإنسان لا يمكن إلا أن يكون إستمساخا ولو تعددت الدعاوى المبشرة بالسوبرمان الذى له عبقرية أينشتين وجمال مارلين مونرو وقوة الجينات المنقحة ، فالإنسان إنسان بتلك التوازنات الرهيفة بين الصحة والمرض ، والذهن والعاطفة ، والبدن والوجدان ، والأمل واليأس ، والعجز والرغبة ، والإرادة والتسليم ، والقصور والحلم ، والحزن والسعادة ، والألم واللذة ، والمكان والسفر ، والزمن والذكريات ، والواقع والحلم ، والشغف بالحياة واليقين من الموت ، والقناعة بمحدودية خلقته والإيمان المطلق بالله تقدست أسماؤه وتعالت صفاته ، وتبارك فإنه أحسن الخالقين » : هكذا صور لنا الشاعر الطبيب أحمد تيمور بقلمه البارع تداعيات استنساخ البشر .

ولم تقتصر أصداء قصة الاستنساخ فى مصر على المقالات الصحفية بل تعدتها إلى رسامى الكاريكاتير ونسج البناء الدرامى ، فها هو الأستاذ صلاح معاطى يكتب لنا قصة مثيرة من الخيال العلمى فى الصحيفة نفسها بعنوان « أينشتاين » وذلك فى العدد الصادر فى ٣ أكتوبر ١٩٩٧ ، حيث يصور لنا مكانًا – قل مصنعًا أو متجرًا أو بنكًا – يقومون فيه باستخدام مفاعل جينى ينسخ شخصيات معينة توفيت منذ زمن ، وذلك حسب طلب الزبائن ، ويصور لنا الكاتب كيف أن أجساد بعض هذه الشخصيات قد استنفذت خلاياها فى عملية الاستنساخ من كثرة الطلب عليها ، وكان على رأس هؤلاء ممثلة الإغراء الأمريكية « مارلين مونرو » .. فقد سعى الكثيرون إلى اقتنائها بلحمها وبشرة جلدها وملامح وجهها !

كما تناولت القضية بعض حلقات برامج التليفزيون المصرى . وناقشتها بعض اللقاءات والندوات أذكر منها ندوة تحت عنوان « الندوة المصرية عن أخلاقيات الممارسات البيولوجية وإسهامها فى حماية حقوق الإنسان ودعمها للتنمية المتواصلة » ، التى عقدت فى جامعة القاهرة فى الفترة من ٢٧ – ٣٠ سبتمبر ١٩٩٧ ، تحت رعاية الأستاذ الدكتور مفيد شهاب وزير التعليم العالى والدولة للبحث العلمى . ولم يقتصر الاهتمام على العاصمة ، ففى ١١ نوفمبر ١٩٩٧ عقد فى كلية العلوم فى مدينة بنها ملتقى ثقافى تحت رعاية عميدها الأستاذ الدكتور محمود أحمد موسى ، وبمشاركة وكيلها لشئون البيئة الأستاذ

الدكتور صبرى الصيرفى ، بالتعاون مع جمعية علم الحيوان بجمهورية مصر العربية التى يرأسها الأستاذ الدكتور عبد الحافظ حلمى محمد العميد الأسبق لعلوم عين شمس وعضو مجمع الخالدين الذى ألقى محاضرة بعنوان « ثورة العلوم البيولوجية وانعكاساتها الأخلاقية » كما استمع المحفل العلمى إلى محاضرة أخرى بعنوان « الجنين بين الممارسات البيئية والتكنولوجيا الحيوية » ألقاها الدكتور محمد شاهين ، أستاذ علم الأجنة بجامعة عين شمس .

وكان الاستنساخ موضوع اللقاء الخامس لأصدقاء بريد الأهرام الذى استضافته الجمعية المصرية لدلالات الأورام السرطانية فى رحاب جامعة عين شمس فى ١٦ يناير عام ١٩٩٨ (جريدة الأهرام فى ١٩ يناير ١٩٩٨) . كما كان الاستنساخ أحد موضوعات ندوات معرض القاهرة الدولى الثلاثون للكتاب الذى أقيم فى الفترة من ٥ – ٢٠ فبراير ١٩٩٨ (جريدة الأهرام فى ٥ فبراير ١٩٩٨) .

وأزعم – على حد علمى – أننى أول من أثار أمام جمهور الناس قضية البحوث العلمية التى تجرى بالخارج عن استنساخ الحيوان واحتمال تطبيقها على الإنسان ، وذلك فى لقاء تليفزيونى فى برنامج « صباح الخير يا مصر » فى اليوم السادس من مايو عام ١٩٩٥ ، كما كنت قبل ذلك قمت بكتابة قصة بعنوان « مغامرات بلازميد » صدرت فى ديسمبر عام ١٩٩٣ وهى تعتمد بصورة أساسية على فكرة استنساخ البشر . وللإيضاح أذكر أن البلازميد هو جزء معين من

المادة الوراثية المعروفة باسم د ن أ DNA . وبالتأكيد فإن هذا الاستقراء المبكر مرجعه إلى ما حوته الدوريات العلمية الأجنبية من أبحاث علمية فى هذه الفترة المبكرة نسبيا والتى تعتبر مقدمات أدت إلى نجاح تنفيذ الاستنساخ ، وكذلك يرجع إلى ما سمعته اثناء زيارتى لبريطانيا فى عام ١٩٩٤ من التليفزيون البريطانى عن بعض الإرهاصات التى نسبت إلى بعض المغامرين فى البلاد الغربية عن استعدادهم لنسخ البشر . وعقب الإعلان عن نجاح الاستنساخ فى تجربة ويلموت ذائعة الصيت ، قمت بكتابة كتيب للأطفال نشر فى أغسطس عام ١٩٩٧ بعنوان « دوللى وعالم الحيوان العجيب » .

ولعل القرن العشرين قد حفل بإنجازات علمية كثيرة ، أثرت على حاضر الإنسان وبالتأكيد ستؤثر على مستقبله ، ومن هذه الإنجازات اكتشاف الطاقة الذرية وتوظيفها ، وغزو الفضاء ، وثورة الاتصالات واستخدامات الكمبيوتر ، إلا أن استنساخ البشر – لو قدر وحدث – فإنه سيكون أخطر هذه الأعمال لأنه يمس جوهر الإنسان نفسه . ولا أحد يعرف على وجه اليقين حدود تداعياته .

وقد تساءل البعض أحرام أن يتم الاستنساخ بدمج خلية جسدية من رجل فى بويضة زوجته إذا قامت هذه الزوجة بحمل الجنين المستنسخ فى رحمها ؟

وتساءل البعض أيضا ، ماذا عن استنساخ بعض الأعضاء كالكبد والكلى لزرعها فى المرضى عوضا عن أعضائهم المريضة ، حيث أن

العضو المستنسخ لن يرفضه الجسم عن طريق الجهاز المناعى لتشابهه التام مع عضو الشخص المريض ؟

وكان لابد لرجال الدين من كلمة فاصلة وواضحة ، وقد علق فضيلة شيخ الأزهر على الاستنساخ قائلاً : « إن كل ما يأتى به العلم لخدمة الإنسانية فى حدود ما أحله الله فهو حلال ، أطفال الأنابيب حلال إذا كانوا من الزوجين ، ولم يكن فيها اختلاط الأنساب ، وكل تقدم علمى نحن نرحب به ، والإطار الشرعى للحلال والحرام محدد ومعلوم ، ومادام التقدم العلمى ليس فيه اعتداء على ما أمرنا به الله أو مخالفة للسنة المؤكدة ، فلماذا نعارضه ؟ وأخيرًا لابد أن نعلم أن الخالق هو الله وليس هناك خالق إلا الله ، فإذا كان فى اكتشافات العلماء خروج عن الضوابط الشرعية والأخلاقية ، فنحن نعارضه »(١) .

وفى صحيفة التابلويد « أخبار الحوادث » الصادرة عن دار « أخبار اليوم » نجد أن الصفحة الأولى من عددها الصادر بتاريخ ٣ أبريل ١٩٩٧ تتصدرها صورة بالألوان لإحدى الحسناوات ، وقد تم تكرار الصورة مرات متتالية فى عرض رشيق جاءت أسفله عبارة « الاستنساخ .. جريمة آخر الزمان ! » .

---

(١) نص قول فضيلة شيخ الأزهر جاء نقلا عن مقالة الدكتور محيى الدين رجب البنا بجريدة الأهرام يوم ٦ يونيو ١٩٩٧ تحت عنوان « الاستنساخ حرام ... لماذا ؟

وقد ظل الاستنساخ موضوع عدة مقالات فى الصحف المصرية لمدة طويلة ، فبعد حوالى عام نجد الكاتب المعروف « لطفى الخولى » يكتب فى جريدة الأهرام بتاريخ ٢٩ يناير ١٩٩٨ فى عموده اليومى بعنوان « اجتهادات » فيقول (الحوار حول الاستنساخ يدور فى المجتمعات الأمريكية والأوروبية المتقدمة التى تملك القدرات العلمية والتقنية لتنفيذه ، غير أنه ظهر تفكير شيطانى لدى دعاة الاستنساخ ، فإنه إذا تعذر عليهم العمل فى الغرب ، فإنه يمكن الهجرة بالاستنساخ إلى العالم الثالث . وبناء المختبرات اللازمة فى بلاد رواندا وبورندى وجزر القمر ، وللمرة الألف يصبح العالم الثالث بإنسانه حقلا للتجارب وهو الأمر الذى بات يستلزم منا أقصى درجات اليقظة والانتباه) .

وقد جعل مؤلف هذا الكتاب الاستنساخ أحد موضوعاته المستحدثة فى المقررات الدراسية التى يقوم بتدريسها فى الجامعة ، كما جعل الاستنساخ موضوعًا لأسئلة الامتحانات – وذلك حتى يتعرف شبابنا على الجوانب العلمية الدقيقة لهذا الاختراق العلمى الحديث (جريدة الأهرام – يوم ٢٨ يناير ١٩٩٨) .

ولكن ما هى تفاصيل التجربة المثيرة للعالم ويلموت وزملائه ؟ وما هو قدر نجاحهم ؟ ولماذا نجحوا ؟ وما هى أصداء نجاحهم فى دول العالم المتقدم ؟ وهل كانت تجربتهم هى الأولى أم أن هناك محاولات عديده هنا وهناك أجراها العديد من العلماء على مدى عشرات

السنين ، وكان كل باحث يمهد الطريق لمن يليه ؟ وما هى أسرار الاندماج الخلوى ؟ وما هو مغزى تزاوج تقنية الاستنساخ مع تقنية الهندسة الوراثية ؟ ولماذا بدأت تجارب الاستنساخ على الضفادع ؟ وأيهما أسهل الاستنساخ فى النباتات أم فى عالم الحيوان ؟ وما هى الفوائد التى يمكن أن تعود على الإنسان من الاستنساخ ؟

إن إجابات هذه الأسئلة وغيرها سنقرؤها على مدى الفصول التالية من هذا الكتاب .

وفى نهاية هذا الفصل نتلو ما قاله عز وجل فى محكم آياته ﴿ سنريهم آياتنا فى الآفاق وفى أنفسهم حتى يتبين لهم أنه الحق أو لم يكف بربك أنه على كل شيء شهيد ﴾(١) ، وماقاله تعالى ﴿ قالوا سبحانك لا علم لنا إلا ما علمتنا إنك أنت العليم الحكيم ﴾(٢) .

---

(١) سورة فصلت : الآية ٥٣ .

(٢) سورة البقرة : الآية ٣٢ .

الفصل الثانى

ماذا قالوا هناك عن الاستنساخ ؟

عندما ظهر عدد ٢٨ فبراير ١٩٩٧ من مجلة العلم Science واطلعت عليه لم أكن أتصور أننى سأجد به تعليقًا علميا على بحث ويلموت وزملائه الذى نشر فى مجلة الطبيعة « نيتشر Nature» قبل يوم واحد فى ٢٧ فبراير ١٩٩٧ ، ولعل فى ذلك وحده ما يشير إلى أهمية الإنجاز الذى حدث ، كما أنه يدلل فى الوقت ذاته على تميز هذه المجلات العلمية العالمية .

وفى عدد ٢٧ فبراير ١٩٩٧ من مجلة نيتشر الذى احتوى على بحث ويلموت وزملائه قدم كولن ستيوارت Colin Stewart الباحث الشهير فى مركز أبحاث السرطان فى ميرلاند بالولايات المتحدة الأمريكية ، أقول قدم لنا تحليلاً علميا لبحث ويلموت وزملائه ، وقال مازحًا إنه ربما فى المستقبل يكون جمع كلمة غنم (sheep) ليست كلمة قطيع a flock ولكن ستكون كلمة مستنسخ a clone ! وقد قصد بذلك أن طريقة التكاثر فى المستقبل ستكون قاصرة على الاستنساخ وبذلك فإن كل جماعة من الأغنام تكون مستنسخًا .

ومن المثير حقا أن نجد استطلاعات للرأى حول الاستنساخ فى أمريكا تجرى لصالح وكالة أنباء CNN ومجلة تايم الأمريكية وذلك فى يومى ٢٦ ، ٢٧ فبراير ١٩٩٧ ، أى أن الاستطلاع بدأ فى اليوم السابق على ظهور مجلة « نيتشر » صاحبة الخبر ! ولعل ذلك يدلل على مدى سرعة الاستجابة لدى الآلة الإعلامية فى الغرب . وقد أوضح الاستطلاع أن ٧٪ من أفراد العينة يريدون استنساخ أنفسهم إذا ما أتيحت لهم الفرصة ، وأن ٧٤٪ يعتقدون أن استنساخ البشر يعد عملاً لا يرضى الله ، ويرى ٦٥٪ أن الحكومة الفيدرالية يجب أن تنظم عمليات الاستنساخ فى الحيوانات .

وفى مقالة بمجلة تايم الأمريكية ذكَّر كاتب يدعى جيفرى كلوجر Jeffrey Kluger القراء بأعمال فنية وأدبية ظهرت فى العقود الأخيرة وتناولت الرعب الناشئ عن استنساخ الطغاة ، ومن أمثلة ذلك قصة بعنوان « الأطفال من البرازيل The boys from Brazil » لمؤلفها إيرا ليفين Ira Levin والصادرة عام ١٩٧٦ وهى تحكى قصة نازى سابق قام باستنساخ جيل من شباب هتلرى وذلك باستخدام خلايا الفوهرر . كذلك ضرب مثالا بفيلم النائم (Sleeper) وهو يحكى قصة طاغية انفجرت فيه قنبلة فقتل ، ولم يتبق من جسده سوى أنفه الذى ود أتباعه ومريدوه استعماله فى استنساخ قائد جديد لهم !

كما تحدثت الصحف والمجلات السيارة فى أوروبا وأمريكا عن تكاثر

الإنسان بالتكاثر البكرى (بدون تزاوج) ، وعن بعث الموتى ، وعن ولادة النساء لأنفسهن إذا ما أخذت نواة الخلية - التى ستدمج مع البويضة - من صاحبة البويضة ذاتها !!

إلا أن الأمر لم تقتصر إثارته على صفحات المجلات العلمية والصحف ، بل قد دارت حوله مناقشات على أعلى مستوى فى لقاءات جامعية ومناقشات في المجالس النيابية وعلى مستوى الحكومات والمنظمات الدولية والمؤسسات الدينية .

ففى الولايات المتحدة الأمريكية طلب الرئيس بيل كلينتون من اللجنة القومية للمشورة فى أخلاقيات الممارسات البيولوجية :

National Bioethics Advisory Commission (N B AC)

أن تقدم له تقريرا عن الجوانب المختلفة للاستنساخ . كما فعل الشيء نفسه الرئيس الفرنسى جاك شيراك فى فرنسا . وقامت المفوضية الأوروبية بدراسة الأمر بتوجيه من (جاك سانتر Jacques Santer) رئيس المفوضين ، كما طلب (فيديريكو ماير Federico Mayor) المدير العام لمنظمة اليونسكو من اللجنة المعنية فى المنظمة تقديم تقرير له .

وقد تصاعدت النداءات تطالب بحظر استنساخ البشر من جهات متعددة امتدت من الفاتيكان الذى قال « بحق البشر أن يولدوا بطريقة بشرية - وليس فى المعمل » إلى أعضاء البرلمانات فى الدول الأوربية الذين طالبوا بمهلة تتوقف خلالها كل الأبحاث عن الاستنساخ سواء التى تجرى على الحيوان أو التى يزمع إجراؤها على الإنسان .

وعلى صفحات مجلة التايم الأمريكية علق الناقد العلمى « جيرمى ريفكن Jeremy Rifkin على الاستنساخ قائلاً :

« إنها جريمة مريعة أن نصنع زيروكس (Xerox) لشخص ما - إننا بذلك نكون وضعنا الإنسان فى سترة مقلوبة - كتلك التى يرتديها المجانين - صنعها علم الوراثة ، فلأول مرة نطبق على الإنسان مبادئ التصميم الصناعى ومعايير الجودة والتنبؤ التجارى بحالة السوق » .

وفى وسط هذه الحمى من حرارة المفاجأة ولهيبها حذر العلماء على جانبى شمال الأطلنطى من مغبة نهج الحظر الشامل قائلين إن تاريخ العلم أثبت أن أية عقبات تحول دون تقدمه مآلها السقوط فى نهاية المطاف ، وأن أية تشريعات ضد الاستنساخ ستؤخر من سرعة إنجاز أبحاث هامة فى مجال التكنولوجيا الحيوية والتقدم الطبى .

وقد أسرع جورجن روتجر : Jurgen Ruttgers وزير العلوم الألمانى بالتأكيد على أن استنساخ البشر محظور بقانون حماية الجنين الصادر عام ١٩٩٠ .

وفى المملكة المتحدة أعلن عن أن لجنة العلوم والتكنولوجيا المنبثقة عن مجلس العموم وافقت على الاجتماع لبحث ما إذا كانت التشريعات القائمة فى المملكة المتحدة تحوى ثغرات تسمح باستنساخ البشر .

وصرح عالم الميكروبيولوجيا - ديرك برك Derek Burke ، وهو النائب الأسبق لمستشار جامعة إيست إنجليا قائلاً : « إن الناس يشعرون

بعمق أننا نتجه بحركتنا إلى مناطق لايريدون الاندفاع إليها ، وكثير منهم يرون أن الاستنساخ غزو لشخصيتهم أو كأنه صندوق باندورا المعبأ بتداعيات غير متوقعة (حسب الأسطورة الإغريقية) » ، وأضاف « أن على العلماء أن يجعلوا الناس يعتادون أولاً على استنساخ الحيوانات - ويجب ألا نعمل على استنساخ البشر ، فالمجتمع ليس مستعدًا لذلك » .

وفي السياق نفسه فإن ستيف جونز Steve Jones أستاذ الوراثة فى يونيفرستى كولدج بلندن ، والكاتب الشهير فى مجال تبسيط العلوم قال : « إن العامة لا يخافون من التقدم ولكنهم يخافون من التقدم السريع » ، ثم أضاف « إن المعارضات التى واجهت يوما ما تقنية أطفال الأنابيب وتقنية زرع الأعضاء قد هدأت فيما بعد - وأنه قد تم قبول هذه التقنيات على نطاق واسع - وبناء على ذلك فإن واجب لجان ضبط الأخلاقيات هو العمل كـ « فرملة » تبطىء سرعة تطبيق التكنولوجيا إلى الحد الذى يقبله العامة ، وعلى ذلك فإن استنساخ البشر يحتاج إلى « هدنة » a moratorium وليس إلى حظر a ban !!

وفى مقالة للكاتب جيفرى كلوجر Jeffrey Kluger بمجلة تايم الأمريكية تحت عنوان « هل سيأتى علينا الدور بعد الأغنام » ، تساءل قائلاً : هل يستطيع أكثر غلاة المتحمسين للمساواة بين البشر أن يعترض على استنساخ العالم الأمريكى أينشتين Einstein أو الموسيقار وعازف

البيانو البولندى شوبان Frederic Chopin أو مبتكر لقاح الشلل العالم الأمريكى سولك Jonas Salk ؟ ويستطرد الكاتب قائلاً : « لقد بنى الفراعنة أهرامهم وبنى الأباطرة روما وبنى نابليون قوس النصر – وقد فعلوا جميعًا ذلك لأسباب عدة ، أحدها على الأقل هو تعويض فناء أجسادهم عن طريق عدم فناء أحجارهم – ولكن إذا أمكن ضمان عدم فناء أجسادهم – عن طريق الاستنساخ – فإن الأبنية الضخمة تعتبر وسيلة متواضعة لتحقيق الخلود ! »

ووفقا لهذا النسق العام قال دعاة الاستنساخ بأن المشكلة كلها تقع من حيث أن العلم يجرى بسرعة كبيرة لايستطيع المجتمع التوافق معها ، وأن مايقوله معارضو الاستنساخ لا يبتعد كثيرًا عن تعبيرات غامضة مثل أن (الاستنساخ مضاد للطبيعة) ، وقد فات هؤلاء أن هذا القول ينهار أمام حقيقة أن الإنسان طالما سخر الحيوان لمصلحته دون الالتفات إلى هذه « الطبيعة » – وقال البعض بأن : « كل إنجازات العلم هى انتصار على ما تسمى – الطبيعة » .

وفى محاولة لتهدئة الخواطر لفت بعض العلماء الأنظار إلى أن المستنسخ والمستنسخ منه لن يكونا متماثلان تمامًا ، حيث أن وجود كل منهما ينتمى إلى جيل مختلف ، وسيكون كل منهما تحت تأثيرات بيئية مختلفة . فالمستنسخ من « هتلر » مثلا ، لن يكون بالضرورة « ديكتاتور » مادام لن يتعرض لظروف عصر هتلر ، كما قال بعض

المتفائلين بأن الوعى العام فى المجتمع ككل كاف لمنع التوظيف السيئ للاستنساخ ، وأن من غير المتوقع بالطبع أن يهجر الناس التكاثر الجنسى لمصلحة الاستنساخ ، فالأول يضمن التنوع الوراثى بكل ميزاته ، ويضمن قوة الهجين ، كما يشتمل على إشباع الرغبات الفطرية .

ولم تمض أيام على إعلان نجاح الاستنساخ على الجانب الشرقى من شمال الأطلنطى ، إلا وسمعنا صرخة استنكار على الجانب الغربى منه ، وكان هذا على واجهة صحيفة نيويورك تايمز New York Times وذلك على لسان باحثة فى علم بيولوجيا الخلية بجامعة واشنطون تدعى « أورسولا جود إناف Ursula Goodenough فقد استنكرت ماسيؤول إليه الأمر من عدم احتياج النساء إلى الرجال !!

وقد رفض بعض المشاهير فكرة استنساخهم ، ولكن لأسباب بدت مختلفة . فها هى « إميلدا ماركوس » Imelda Marcos السيدة الأولى السابقة لدولة الفلبين تعلق على العرض باستنساخها قائلة : « إن إميلدا ماركوس واحدة تكفى » ! ، كما نجد أن دوايت مانلى DwightManley وكيل لاعب كرة السلة دنيس رود مان Dennis Rodman فى حديث له مع صحيفة وول ستريت Wall Street Journal يرفض استنساخ هذا اللاعب لتكوين فريق أحلام Dream team

وكان موضوع استنساخ الأغنام هو صورة الغلاف فى عدد ١٠ مارس ١٩٩٧ من مجلة تايم الأمريكية ، وكتب محرر المجلة قائلاً :

« منذ أخذ الله من ضلع آدم وصنع له زوجة ، لم يحدث شيئا عجيبا مثل أمر الاستنساخ» ، وقال أيضا « إن كل والد يحاول أن يكسب ابنه حكمة التجارب التى اكتسبها هو عبر حياته — أما الاستنساخ فإنه يعطيك الفرصة لإعطاء هذه الخبرة لك فى صورتك الجديدة — ويعطيك الفرصة لأن تربى نسختك وأن تقدم الخبرة والتوجيه إلى لحمك ودمك اللذين تواجدا من جديد !! » .

وفى هذا العدد نفسه من مجلة تايم ، قدم دوجلاس كوبلاند Douglas Coupland قصة من الخيال العلمى Science Fiction تدور أحداثها حول ممثل يدعى كورى هوليداى Corey Holiday وممثلة تدعى لورى بريكنر Lori Breckner ، أراد كل منهما استنساخ نفسه فذهبا إلى أحد المنتجعات التى فيها تستخدم الأبقار فى حمل الأجنة البشرية المستنسخة ، وعندما يحين وقت الولادة تخرج أطفال بشرية من أرحام هذه الأبقار !

وتذكرنى هذه القصة بما قرأته فى كتاب فى علم الوراثة من تأليف ماكسون ودورتى Maxson and Daugherty من أنه يمكن الآن نقل الأجنة المبكرة للأبقار جيدة الصفات إلى أرحام إناث الأرانب ، وتنقل هذه الأرانب من البلد المصدر إلى البلد المستورد ، حيث تتم فيها استعادة هذه الأجنة المبكرة للأبقار من أرحام الأرانب ثم زرعها فى أرحام الأبقار المتوفرة لدى البلد المستورد لتستكمل نموها حتى تتم

ولادتها . وبهذا الأسلوب الفريد يمكن تصدير الصفات الجيدة لأبقار من بلد إلى آخر بأقل تكاليف شحن ممكنة بدلا من نقل الأبقار بأحجامها الضخمة ، كما تمكن هذه الطريقة البلاد المصدرة من الانتفاع بالجهاز التناسلى لإناث الأبقار جيدة الصفات لأطول مدة ممكنة دون إشغاله بحمل الأجنة طوال فترة الحمل !

وسط هذا البحر المتلاطم من الآراء المتعارضة التى لاتخلو من التهكم والسخرية ومشاعر الخوف بدأ المسئولون فى الدول المتقدمة والمنظمات الدولية يمسكون بزمام الأمر - أو هكذا بدا الأمر !

ففى الولايات المتحدة الأمريكية أعلنت مسودة قانون كلنتون لحظر الاستنساخ استجابة لتوصية اللجنة القومية للمشورة فى أخلاقيات الممارسة البيولوجية سالفة الذكر . وقد قالت هذه المسودة بحظر مدته خمس سنوات على أية محاولة للحصول على كائن بشرى باستخدام النسخ بطريقة نقل أنوية خلايا جسدية ، وقد فرض القانون غرامة قدرها ٢٥٠,٠٠٠ دولار على كل شخص تثبت محاولته لهذا الفعل وحق مصادرة أى أرباح تنتج عن ذلك الفعل ، كما كلف مشروع القانون اللجنة بأن توصى بما إذا كان هناك حاجة لتجديد فترة عمل القانون عند اقتراب موعد انتهاء مدته .

وأعلن « فيديريكو مايور » المدير العام لليونسكو أن البشر لا يجب استنساخهم تحت أية ظروف .

كما صرح الدكتور « هيروشى ناكجيما » : Hiroshi Nakajima المدير العام لمنظمة الصحة العالمية World Health Organization (WHO) بأن « منظمة الصحة العالمية تعتبر استخدام الاستنساخ للحصول على نسخ من أفراد البشر عملاً غير مقبول من الناحية الأخلاقية ، وأنه يدمر بعض المبادئ الأساسية التى تشتمل على احترام سمو الإنسان » . واستدرك المدير العام لمنظمة الصحة العالمية قائلا « إن المعارضة لاستنساخ البشر يجب ألا تؤدى إلى عدم التمييز ، بأن يجرى الحظر على جميع اتجاهات الاستنساخ والأبحاث العلمية المتعلقة به » . وقد امتدح فى هذا الصدد الفوائد العظيمة التى ستعود على صحة الإنسان من عمليات استنساخ الحيوان .

وفى اجتماع قادة الدول الصناعية الثمان الكبرى والذى يضم كندا ، وفرنسا ، وألمانيا ، وإيطاليا ، واليابان ، وروسيا ، والمملكة المتحدة ، والولايات المتحدة فى مدينة « دنفر » فى كلورادو ، أعلن المجتمعون اتفاقهم على « الحاجة إلى اتخاذ إجراءات مناسبة داخل كل دولة وكذلك إلى تعاون دولى وثيق لمنع الحصول على طفل باستخدام نقل أنوية خلايا جسدية » .

فى حديث ألقاه الرئيس الأمريكى بيل كلنتون فى ١٨ مايو ١٩٩٧ فى جامعة مورجان ستيت يونيفرستى Morgan State University فى بالتيمور بولاية مريلاند – بهدف الدعوة إلى العمل للتوصل بسرعة

إلى لقاح ضد مرض الإيدز – قال فى هذا الصدد بأن التوصل إلى هذا اللقاح يعتمد أكثر على ذكاء العلماء وعنادهم وجلدهم فى المعامل وليس على كلمات الساسة ، وفى تلميح واضح إلى قصة « دوللى » قال كلينتون « يجب علينا أن نقاوم إغراء استنساخ أنفسنا ، إن العلم ليس له روح بذاته – إنه علينا نحن أن نحدد ما إذا كان العلم سيستخدم كقوة للخير أو قوة للشر – العلم ليس الإله – إن أعمق إيماننا سيظل خارج نطاق العلم » (Our deepest truths remain outside the realm of science) . وقد وصف كلينتون القرن القادم بأنه قرن علوم الحياة Century of Biology

فى اجتماع منظمة اليونسكو فى شهر مايو ١٩٩٧ حذر أحد الأعضاء من أن استنساخ البشر سيؤدى إلى وجود مواطنين من الدرجة الثانية ، بل يمكن أن يؤدى إلى إحياء العبودية . وقد قام أحد المفكرين بالرد على هذا الادعاء قائلاً « إن الإجابة على هذه الهرطقة تكمن فى أن الإنسان قام – ويالّلحسرة – بخلق مواطنين من الدرجة الثانية ، بل وأيضا قام بصنع العبيد فى كل مكان دون الحاجة إلى تقنية الاستنساخ !!

وفى استطلاع قامت به وكالة أنباء « اسوشيتيدبرس » فى نهاية [illegible] عن أهم الأحداث العالمية لذلك العام – جاء خبر الحصول عجة « دوللى » عن طريق الاستنساخ فى المركز العاشر ، وخبر

هبوط مركبة الفضاء « بات فايندر » على سطح كوكب المريخ فى المركز الثانى عشر ، بينما جاء فى المركز الأول مفاجأة مصرع « الأميرة البريطانية ديانا » وصديقها المصرى « عماد الفايد » فى حادث سيارة أثناء مرورها فى نفق « ألما » فى العاصمة الفرنسية « باريس » فجر يوم الأحد ٣١ أغسطس .

وفى عددها الصادر فى ٢٢ ديسمبر عام ١٩٩٧ أجرت مجلة « تايم » الأمريكية مسحا للقطات الفوتوغرافية ، واعتبرت صورة الشاة « دوللى » من أهم الصور التى تم التقاطها عبر العام ١٩٩٧ وحققت « إختراقا » . وفى هذا العدد أعادت المجلة نشر صورة دوللى والنعجة التى أخذت منها النواة على صفحتين كاملتين . وتساءل المحرر قائلا « عندما ننظر إلى دوللى ، فهل ياترى هذا هو مصيرنا الذى نرى ؟ » !

وفى الأسبوع الثانى من يناير ١٩٩٨ ، أعلن العالم الأمريكى « ريتشارد سيد » Richard Seed عزمه على افتتاح عيادة للاستنساخ البشرى فى منطقة شيكاغو ، وكان « سيد » قد تخرج بامتياز من جامعة هارفارد ، وحصل على الدكتوراه فى الفيزياء عام ١٩٥٣ وعمره (٢٤) عاما ، ولكنه فى السبعينيات اشتغل بالعلوم الطبية الاحيائية Biomedicine ، حيث مارس عمليات نقل الأجنة فى الماشية ، ثم اشتغل بعمليات الإخصاب خارج الرحم للنساء المصابات بالعقم .

وفى لقائه مع شبكة CNN الإخبارية قال « سيد » إن الإنسان سوف يطور التكنولوجيا والعلوم ، وكذلك القدرة ، على أن يطيل عمره بلا حدود ، ويصر « سيد » على أن الاعتراضات المثارة حول استنساخ البشر سوف تتبخر لحظة أن يشهد الناس مجموعة من الأطفال المستنسخين فى صحة جيدة وسعداء ، والابتسامة تشرق على وجوههم ، وفى أحد أحاديثه قال « سيد » (إننى حاد الذكاء ، وأعلم الكثير جدا عن أشياء كثيرة جدا ، وهذا لايروق الآخرين) . ومن الملفت للنظر أن العالم « سيد » عندما أعلن عن عزمه القيام بمشروعه الطموح لاستنساخ البشر كان عمره ٦٩ عاما !

وإثر ذلك جدد الرئيس الأمريكى « بيل كلينتون » فى خطابه الأسبوعى فى السبت ١٠ يناير ١٩٩٨ معارضته الكاملة للاستنساخ البشرى ، ولكنه أعلن مساندته للتجارب الخاصة باستنساخ أنسجة الجلد والأعصاب والعظم لعلاج المصابين فى الحوادث والحرائق .

وفى يوم الاثنين ١٢ يناير ١٩٩٨ بدأت فى مدينة « ستراسبورج » الفرنسية مراسم توقيع (١٧) دولة أوروبية على أول بروتوكول فى العالم لحظر الاستنساخ البشرى والذى أعدته منظمة المجلس الأوروبى .

وعلى الصفحة الأولى من عددها الصادر فى ١٥ فبراير ١٩٩٨ ،

طالعتنا جريدة الأهرام عن عزم طبيب من جنوب أفريقيا على إجراء استنساخ للبشر فى مستشفى فى جوهانسبرج .

والسؤال هو : هل سيأتى اليوم الذى نقرأ أنا وأنت ياعزيزى القارئ خبر إتمام هذا الحدث الفريد ونشاهد على صفحات الصحف وشاشات التليفزيون هذا المستنسخ البشرى ؟

الفصل الثالث

كيف أجرى ويلموت وزملاؤه الاستنساخ ؟

فى العدد الصادر يوم ٢٧ فبراير ١٩٩٧ من مجلة « نيتشر » ، أعلن خمسة باحثين وهم : ايان ويلموت Ian Wilmut ، شنيك Schnieke ، ماكوير Mcwhir ، كند Kind ، كامبل Campbell – العاملون فى معهد روزلين بأدنبرة في (سكوتلنده) ، (شمال بريطانيا) ، بالتعاون مع مؤسسة للعقاقير تدعى PPL Therapeutics فى روزلين ، أعلنوا أنهم نجحوا فى الحصول على (شاه حية) بأخذ نواة خلية من ضرع نعجة (بالغة) عمرها ست سنوات ودمجها فى بويضة منزوعة النواة مأخوذة من نعجة أخرى – وقد سميت الشاه الناتجة باسم « دوللى » (شكل ١) . وعندما نشر البحث فى هذه المجلة كان عمر « دوللى » ستة شهور .ويتركز النجاح الذى حققه هذا العمل فى الحصول على (مولود ثديى كامل التكوين) عن طرق استخدام نواة خلية جسمية من حيوان (ثديى بالغ) ، ووفقا لهذه المحددات فإن هذا عمل غير مسبوق .

وكانت النعجة التى أخذت نواة الخلية منها من سلالة « دورست الفنلندية Finn Dorset ، بينما النعجة التى استخدمت بويضتها كانت

من سلالة « سوداء الوجه الاسكوتلندية » Scottish Blackface ، أما الشاه « دوللى » الناتجه فقد كانت كل صفاتها مماثلة لصفات سلالة دورست الفنلندية التى أخذت النواة من إحدى خلايا ضرعها ، أى أنها ورثت صفاتها من مصدر واحد هو النعجة التى أخذت منها نواة الخلية التى تم إدماجها مع البويضة . وهذه الحالة الفريدة تختلف جذريا عما هو معروف حيث أن صفات أى منا - تأتى من مصدرين هما الأب والأم .

وجدير بالذكر أنه يمكن بالاستنساخ التحكم تماما فى شق Sex النسل حسب رغبتنا ، أى أنه إن شئنا حصلنا على أنثى ، وإن شئنا حصلنا على ذكر . ذلك أننا لو أردنا - على عكس ما حدث فى حالة « دوللى » - أن يكون المولود ذكرا لكان علينا أخذ نواة خلية جسدية من حيوان ذكر ونقوم بدمجها مع البويضة .

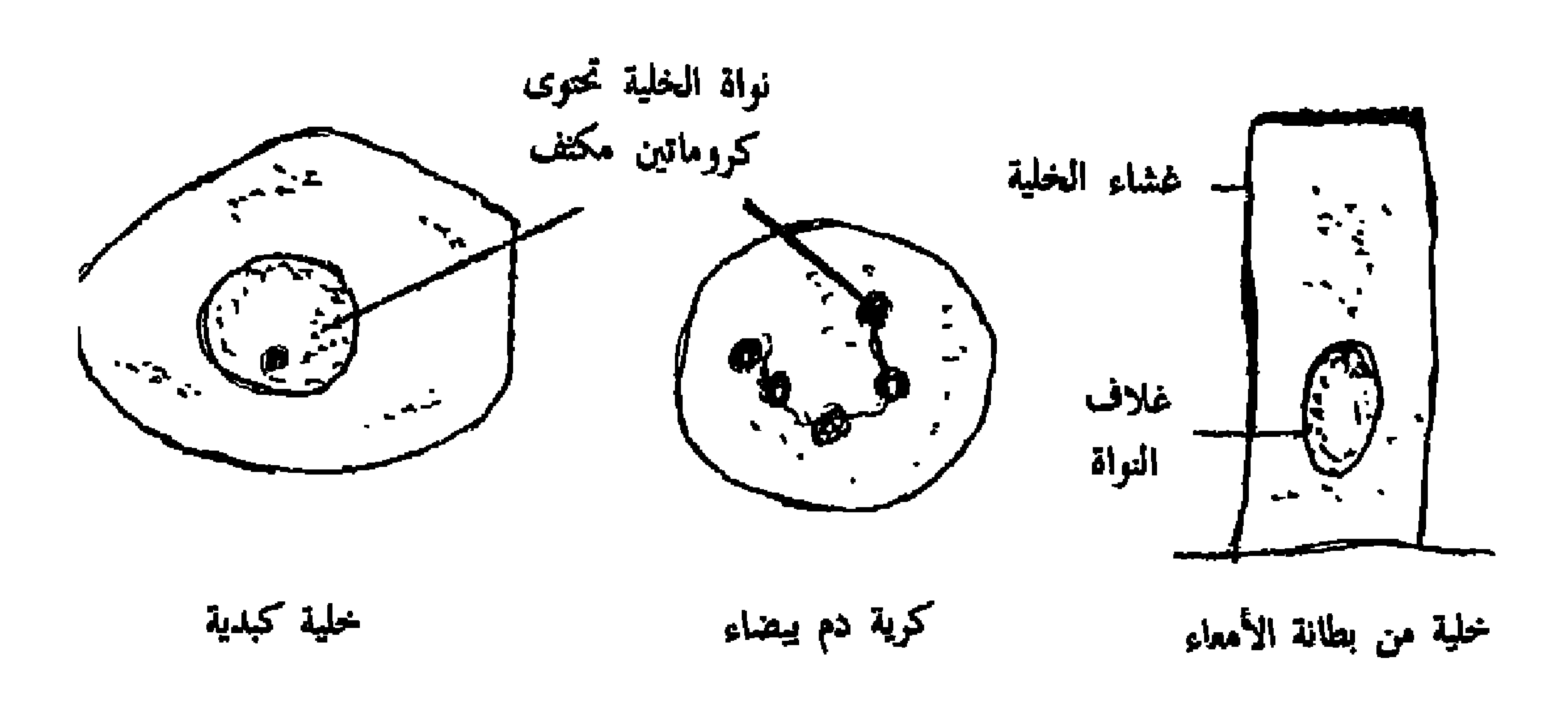
وكان وزن النعجة « دوللى » عند الولادة يبلغ ٦,٦ كيلوجرام ، وفترة الحمل فيها بلغت ١٤٨ يومًا (متوسط الفترة فى الحالة العادية ١٤٣ يوما فى سلالة دورست الفنلندية) . وكان الباحث براد فورد وزملاؤه عام ١٩٧٢ Bradford et al قد أوضحوا أن طول فترة الحمل فى الغنم يعتمد فقط على التركيب الجينى للجنين ، وفى حالة « دوللى » فإن هذا يعنى أن فترة الحمل فيها تعتمد على السلالة التى أخذت منها النواة .

وقد استخدم المسح بالموجات فوق الصوتية (Ultrasound scan) لمتابعة تكون الأجنة وذلك بدءا من حوالى اليوم الستين ثم على فترات كل أسبوعين - كما تم متابعة الحالة الصحية للنعاج المستقبلات (حاملات الأجنة المتقدمة) سواء من ناحية التغذية ، أو السلامة من الأمراض ، وعدم الإصابة بالطفيليات المختلفة .

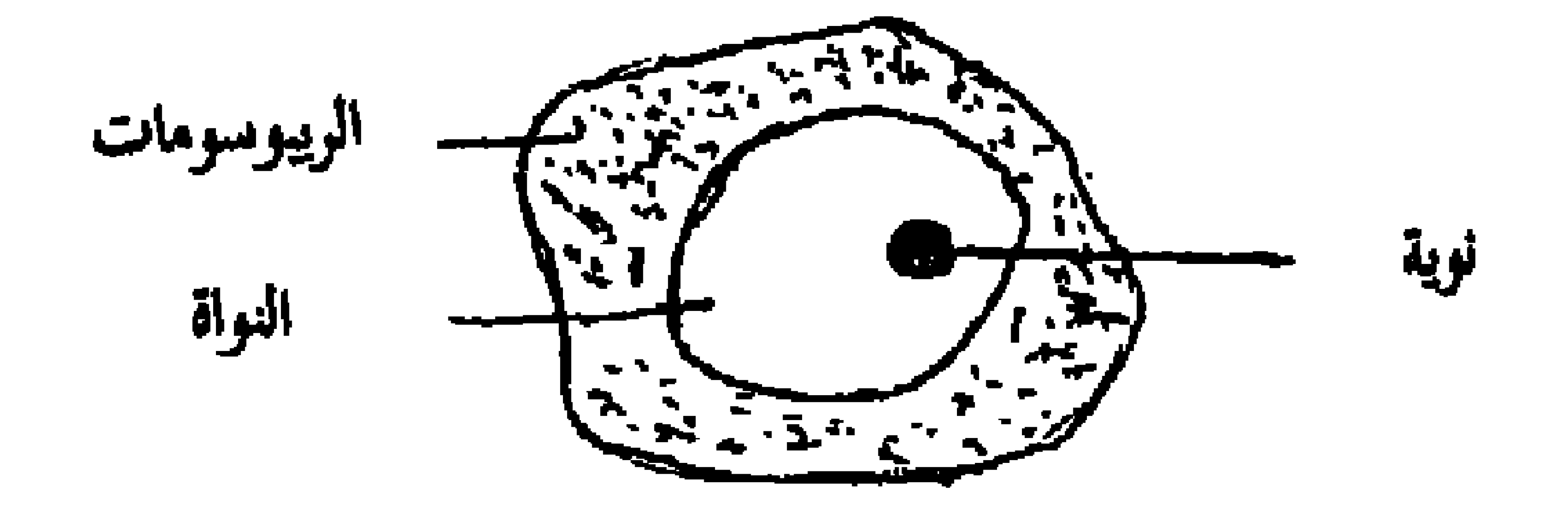
هذه هى بعض تفاصيل التجربة التى أجراها ويلموت وزملاؤه ، وكانت الشاة « دوللى » تمثل النجاح الوحيد للتجربة التى شملت ٢٧٧ محاولة ، ولكن يمكن القول أن النجاح الذى تحقق فى تجربة واحدة من ضمن عدد كبير من المحاولات - يمثل إنجازا فى حد ذاته نسبته ١٠٠٪ ، ولا شك أن العلماء سيحاولون فى معاملهم تحقيق زيادة فرص نجاح هذا الهدف ليصبح عملاً روتينيا بعد ذلك .

وقبل أن ندخل فى التفاصيل الأخرى يجدر أن يكون لدينا قدرا من المعلومات الأساسية :

يتكون جسم كل واحد منا من ملايين الخلايا Cells (شكل رقم ٢) ، فهناك خلايا الدم الحمراء ، وخلايا الدم البيضاء ، وخلايا الكبد ، وخلايا بطانة الأمعاء . والخلايا العصبية وغيرها . ولكل طراز من هذه الخلايا وظائف خاصة به ، وقد قدر أن عدد خلايا الجسم يبلغ $(١٠)^{١٤}$ خلية فى الشخص البالغ وهذا العدد سالف الذكر يعنى رقم (١) وإلى يمينه ١٤ صفرًا ! ، وهذه الخلايا صغيرة جدا فى الحجم



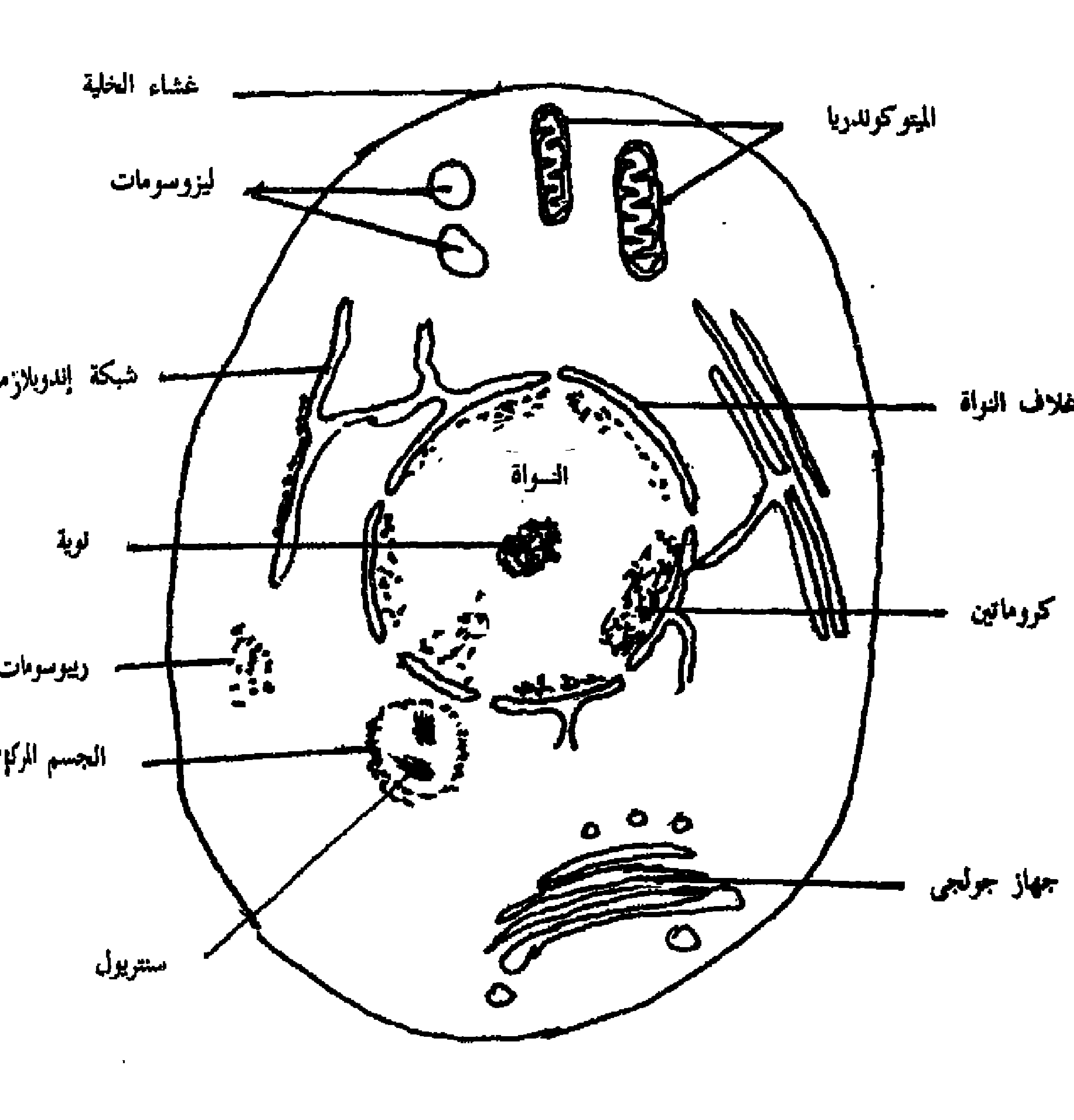
بعض طرز خلايا متميزة (متخصصة)



خلية غير متميزة (غير متخصصة)

شكل (٢)
الخلايا المتخصصة وغير المتخصصة بالجسم

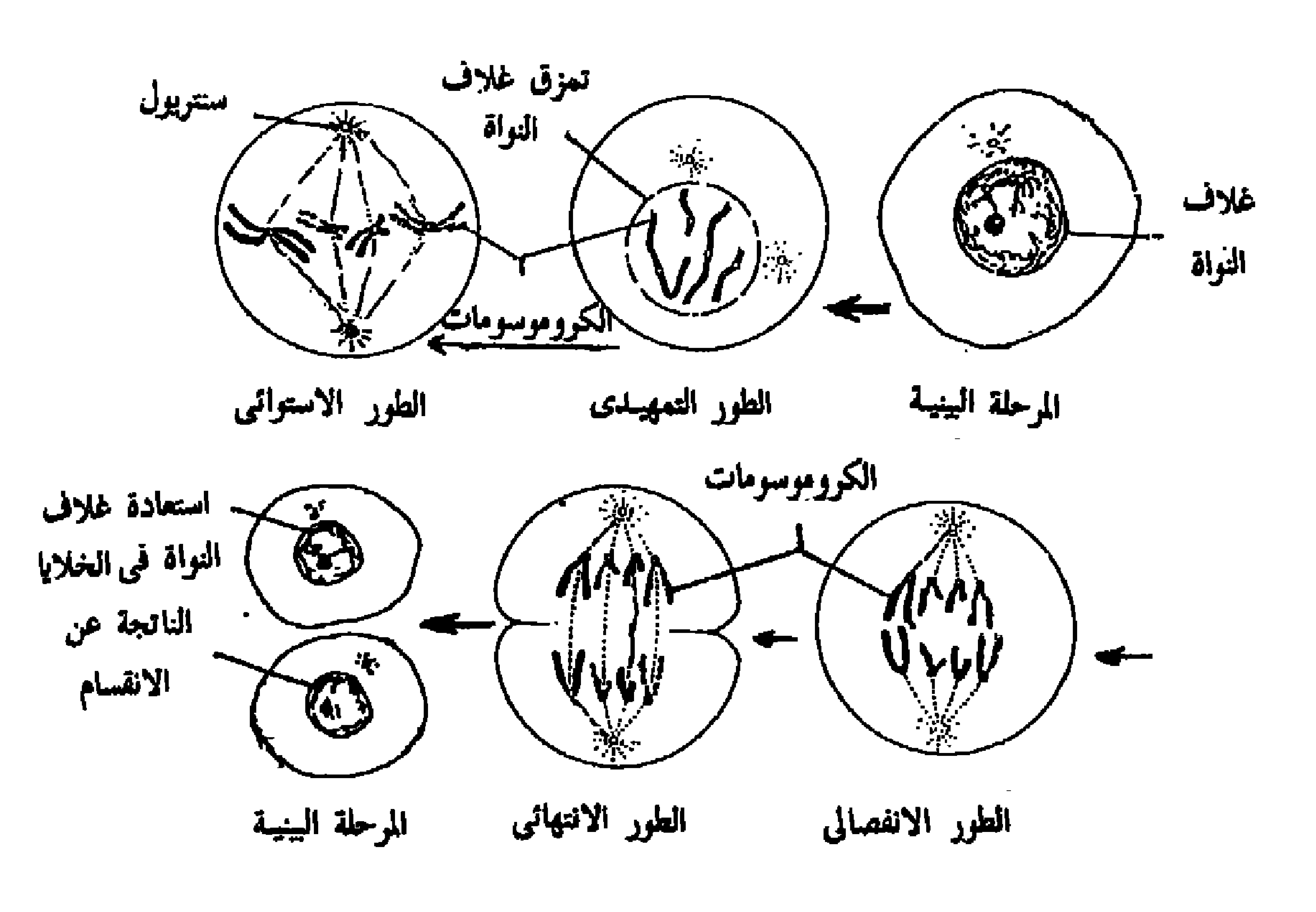
ولا ترى إلا بالميكروسكوب . ويبلغ قطر الخلية فى المتوسط ما بين ٢٠ - ٣٠ ميكروميتر (الميكروميتر = ٠,٠٠١ من الملليمتر) . إلا أن هناك خلايا أصغر أو أكبر كثيرا عن ذلك ، وتحاط الخلية بغشاء خلوى يحدد شكلها ويحمى محتوياتها ، وتتكون مادة الخلية من نواة Nucleus تقع فى مركز الخلية تحيط بها منطقة السيتوبلازم الذى يحتوى على بعض التراكيب الخلوية الهامة (شكل رقم ٣) ، ومن هذه التراكيب الميتوكوندريا والليزوسومات والريبوسومات وغيرها ، ويؤدى كل من هذه التراكيب وظائف حيوية محددة . والميتوكوندريا عبارة عن أكياس لها جدار يتكون من غشائين ، الداخلى منها ينغضن ليكون بروزات تمتد داخل تجويف الميتوكوندريا ، وتقوم الميتوكوندريا بوظيفة التنفس الخلوى ، والجدير بالذكر أن الميتوكوندريا تحتوى على كمية من حمض DNA- وسوف نتناول تأثير ذلك على عملية الاستنساخ عندما نتكلم بالتفصيل عن تجرية ويلموت وزملائه فى الفصل السابع . أما الليزوسومات فهى أكياس يحدها غشاء واحد وتحتوى على إنزيمات هضمية تقوم بهضم المواد معقدة التركيب والمطلوب هضمها - ويتم هضم هذه المواد داخل الليزوسومات . والريبوسومات هى عبارة عن حبيبات دقيقة توجد فى السيتوبلازم وتقوم بدور هام فى عملية تخليق البروتينات داخل الخلية ، كما أن السيتوبلازم يدعم بتراكيب دعامية خيطية دقيقة تسمى « الخيوط الدقيقة Microfilaments . أما النواة فهى تبدو كروية أو بيضاوية الشكل غالبا ، ولها غلاف يحيط بها ،



شكل (٣)
الخلية كما تبدو بالمجهر الإلكترونى

وهى تحتوى على مادة تسمى الكروماتين . ويتكون الكروماتين من حمض (د . ن . أ DNA) الذى يعتبر المادة الوراثية ، ومن بروتينات قاعدية تسمى هستونات . ويتشكل الكروماتين داخل نواة الخلية على هيئة خيوط دقيقة لا ترى إلا بالمجهر الالكترونى . وتطوى هذه الخيوط على نفسها ، وتختلف شدة طيها هذه فى الطرز المختلفة من الخلايا . وتحتوى النواة أحيانًا على جسم كروى صغير يسمى « النوية » .

وتقوم الخلايا بالانقسام على فترات متباينة بغرض زيادة أعدادها وتعويض التالف منها . وعندما تشرع الخلية فى الانقسام يختفى غلاف النواة ويتم طى خيوط الكروماتين على نفسها لتكون أجسامًا عصوية محددة العدد ، وتسمى هذه العملية « تكثف » Condensation , ويطلق على هذه الأجسام العصوية اسم كروموسومات Chromosomes (شكل رقم ٤) ، وهى تحتوى على حمض (د . ن . أ) DNA الذى يكون شفرات خاصة تحدد صفات الكائن الحى والتى يورثها لنسله ، وهذه الشفرات هى التى تكون وحدة التوريث التى تسمى « جين » Gene ، فيقال أن الكروموسوم يحمل عددًا من الجينات المحددة للصفات الوراثية . ومن المعروف أن لكل كائن حى عددًا وأشكالاً ثابتة من الكروموسومات فى كل خلية من خلاياه ، فعلى سبيل المثال تحتوى كل خلية جسدية من خلايا الجسم فى الإنسان على ٤٦ كروموسومًا ، والشمبانزى تحتوى خلاياه على ٤٨ كروموسومًا ، والأغنام ٥٤

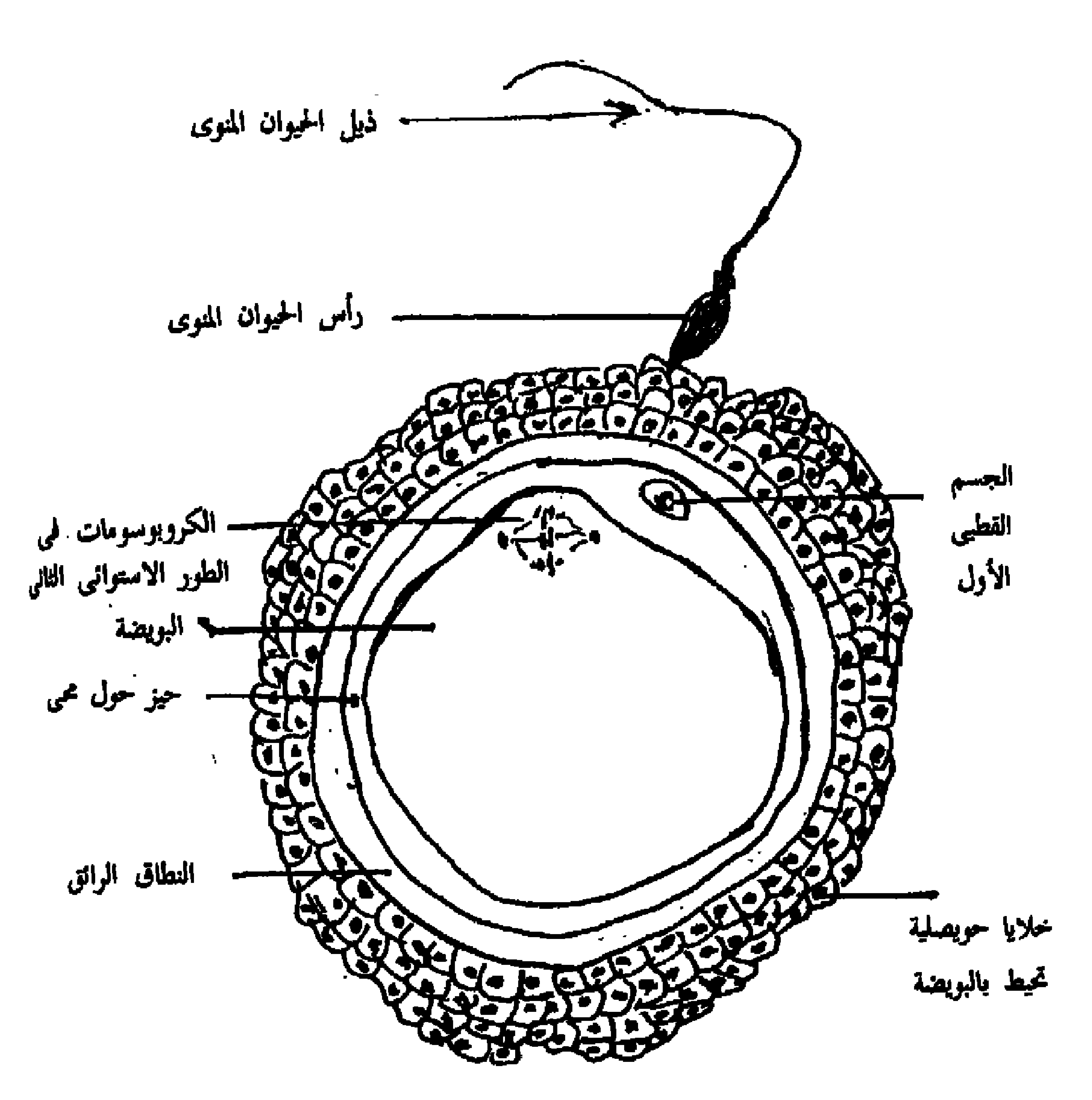


شكل (٤)
الانقسام غير المباشر

كروموسومًا ، والحصان ٦٤ كروموسومًا ، والقط ٣٨ كروموسومًا ، والكلب ٧٨ كروموسومًا ، والذبابة المنزلية ١٢ كروموسومًا ، والديك الرومى ٨٢ كروموسومًا ، والأرنب ٤٤ كروموسومًا ، والفأر الأمهق ١٢ كروموسومًا ، والضفادع ٢٢ كروموسومًا ، وهكذا .

وخلاصة القول أن حمض (د . ن . أ .) DNA يدخل فى تكوين الكروموسومات ، وأن هذا الحمض هو الحامل للجينات التى تحدد النشاط الحيوى الذى تقوم به الخلية – والتى تحدد أيضًا مجموع الصفات الوراثية للكائن الحى والتى يورثها لنسله . وعلى ذلك يمكن القول أيضًا بأن نواة الخلية هى التى تحمل الصفات الوراثية . ومن الجدير بالذكر أن حمض (د . ن . أ .) DNA هو المسئول فى الأساس عن تخليق البروتينات المختلفة بالجسم ومنها الإنزيمات اللازمة للتفاعلات الحيوية .

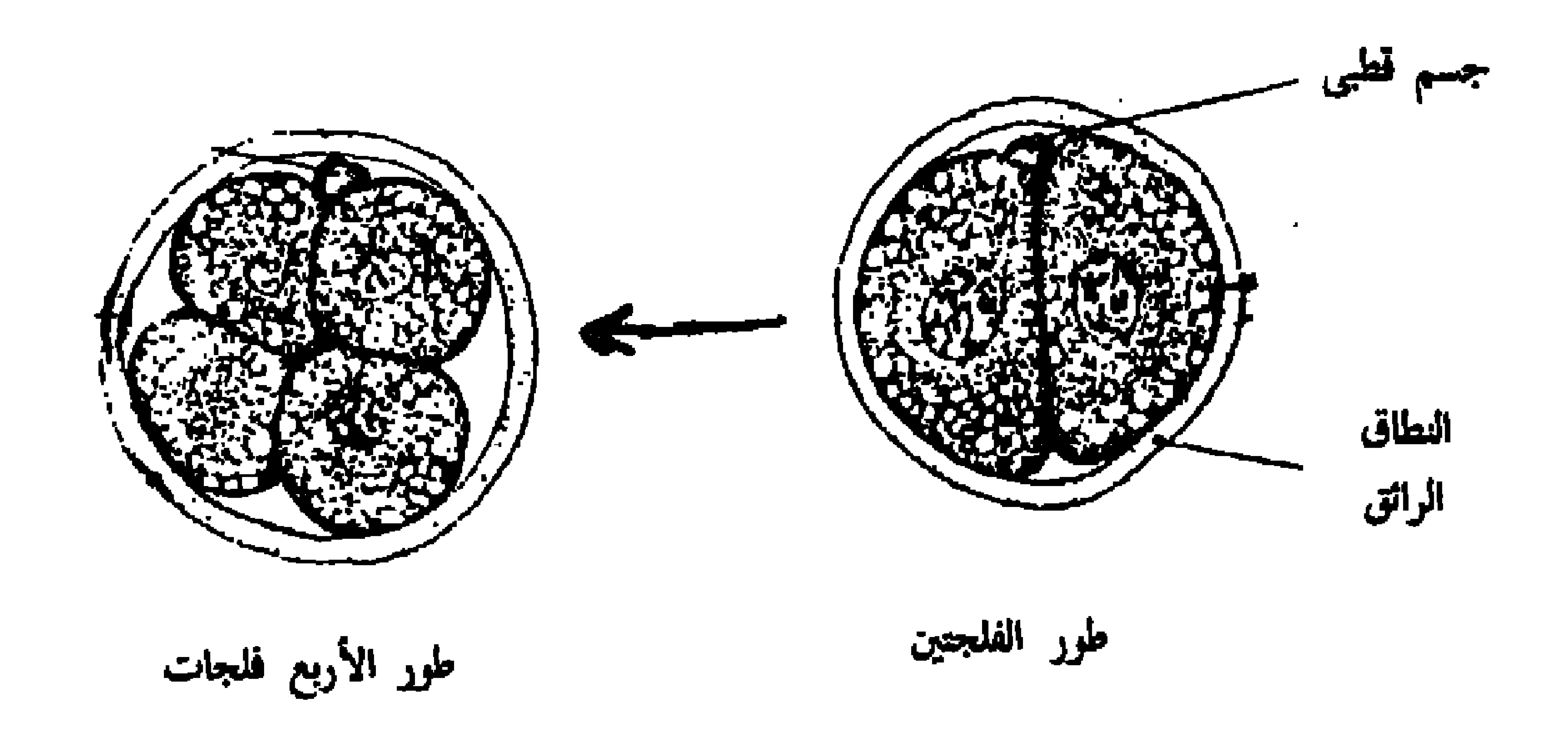
ومن ناحية أخرى فمن المعروف أن الجنين يتكون فى الأصل من اندماج حيوان منوى من الأب مع بويضة من الأم (شكل رقم ٥) ، وتتكون الحيوانات المنوية فى خصى الذكور ، وتتكون البويضات فى مبايض الإناث . وتعتبر الحيوانات المنوية والبويضات خلايا ذات طبيعة خاصة مهيئة لعملية الإخصاب حيث يندمج الحيوان المنوى مع البويضة لتكون البويضة المخصبة أو ما يسمى « الزيجوت » الذى يعطى الجنين فيما بعد .

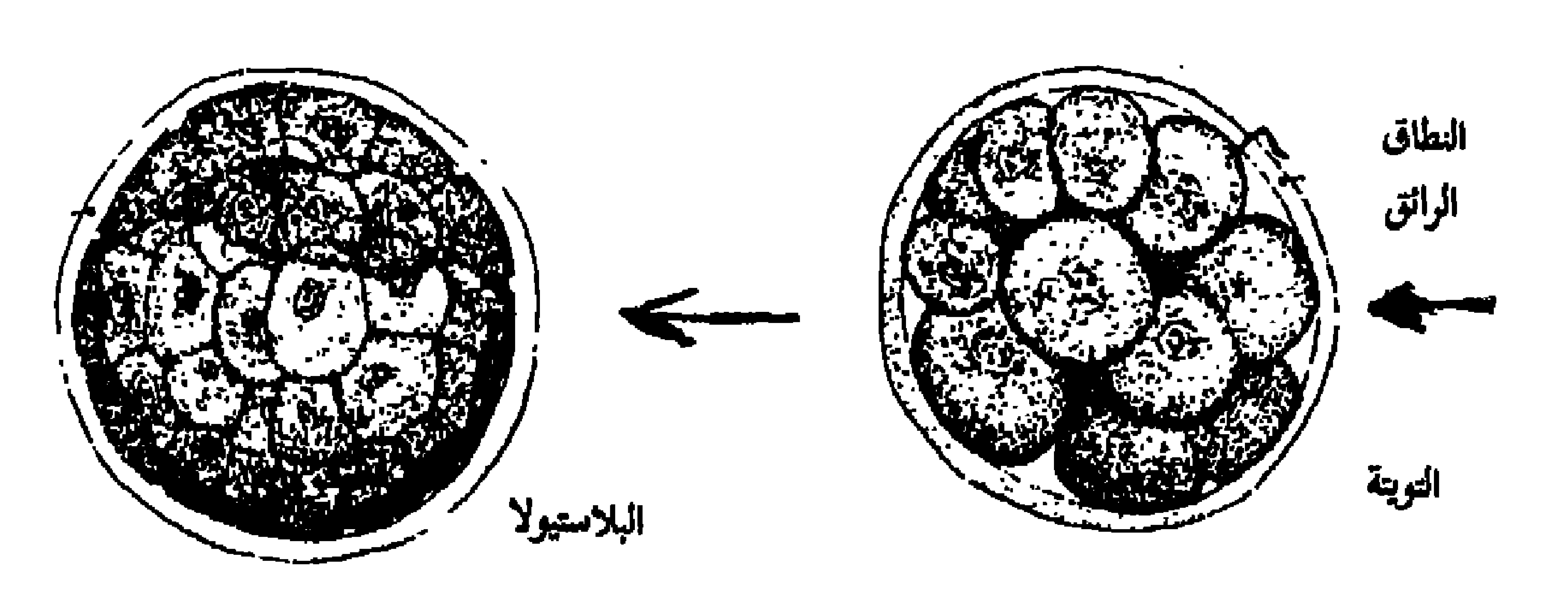


شكل (٥)
حيوان منوى من ذكر
يبدأ فى إخصاب بويضة الأنثى

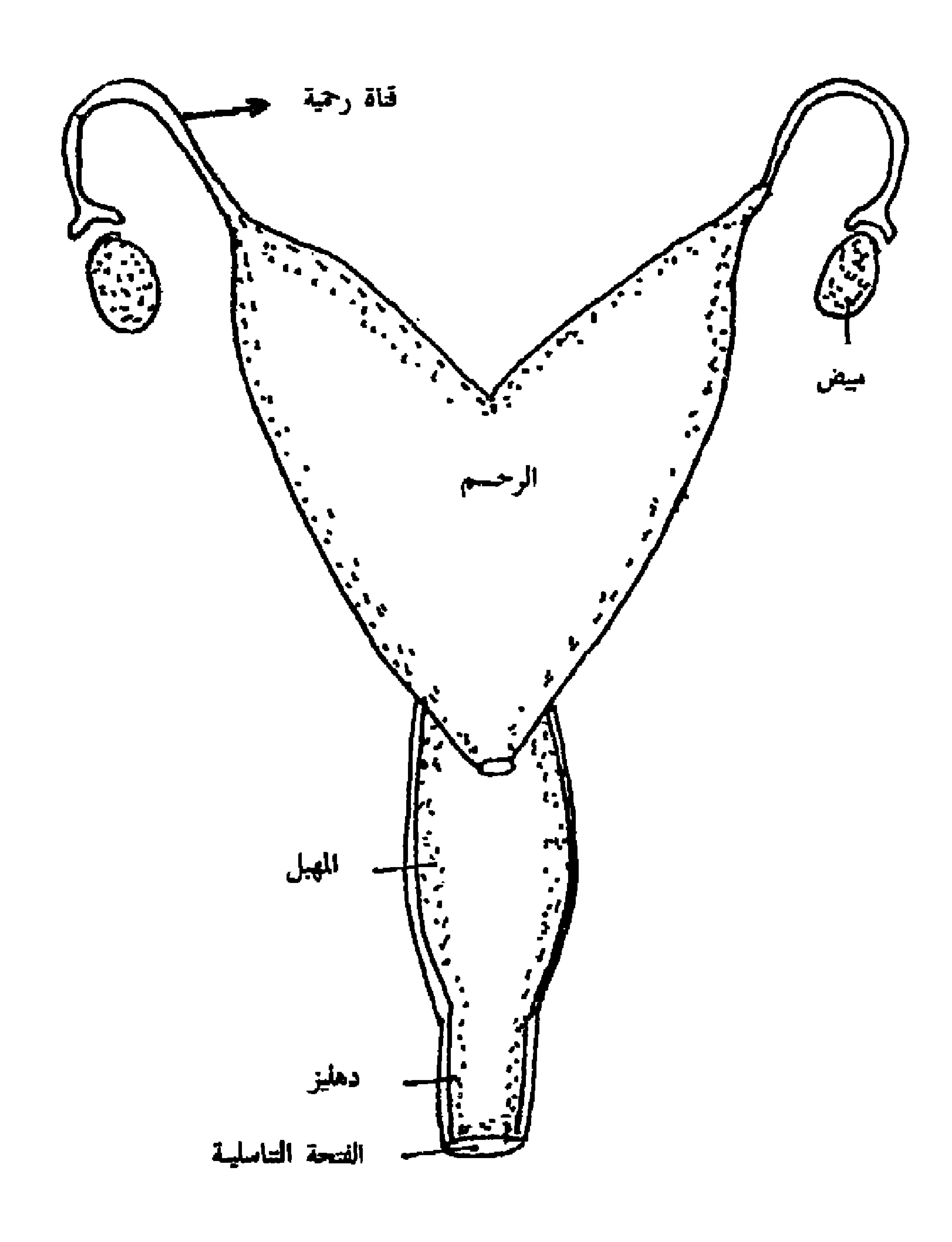
ومن المهم أن نعلم أن خلايا الخصى عندما تنقسم لتعطى حيوانات منوية فإنها تنقسم بطريقة خاصة تسمى « الانقسام الاختزالى » تضمن أن تحتوى نواة كل حيوان منوى على نصف عدد الكروموسومات فقط » والشيء نفسه يحدث فى المبايض ، حيث تحتوى البويضة الناضجة على نصف عدد الكروموسومات ، وعلى ذلك فإن كلا من الحيوان المنوى أو البويضة فى الإنسان يحتوى على ٢٣ كروموسوم فقط ، وعند التزاوج يلتقى الحيوان المنوى مع البويضة فى القناة الرحمية (قناة المبيض) ، وتخترق رأس الحيوان المنوى - المحتوى على النواة - الغشاء المحيط بالبويضة وبذلك يحدث ما يعرف باسم الإخصاب الذى فيه يندمج الحيوان المنوى مع البويضة لتتحد نواتهما معا ، وتتكون بذلك البويضة المخصبة أو الزيجوت الذى يحتوى بذلك على العدد الكامل من الكروموسومات ، وهو ٤٦ فى الإنسان . وعلى ذلك فإن الجنين الناتج يحمل الصفات الوراثية من كل من الأب والأم .

وقد لاحظنا أنه فى التجربة التى أجراها ويلموت وزملاؤه وأعلنت فى ٢٧ فبراير ١٩٩٧ ، أنه تم نزع نواة البويضة ، ذلك أن النواة البديلة التى ستوضع فى البويضة هى نواة خلية جسدية تحتوى على المجموعة الكاملة من الكروموسومات ، وعلى ذلك فلا داعى لكروموسومات البويضة ، خاصة أن الهدف من التجربة هو إيجاد نسخة من الكائن الحى صاحب نواة الخلية الجسمية دون تداخل من صفات الكائن الحى صاحب البويضة .

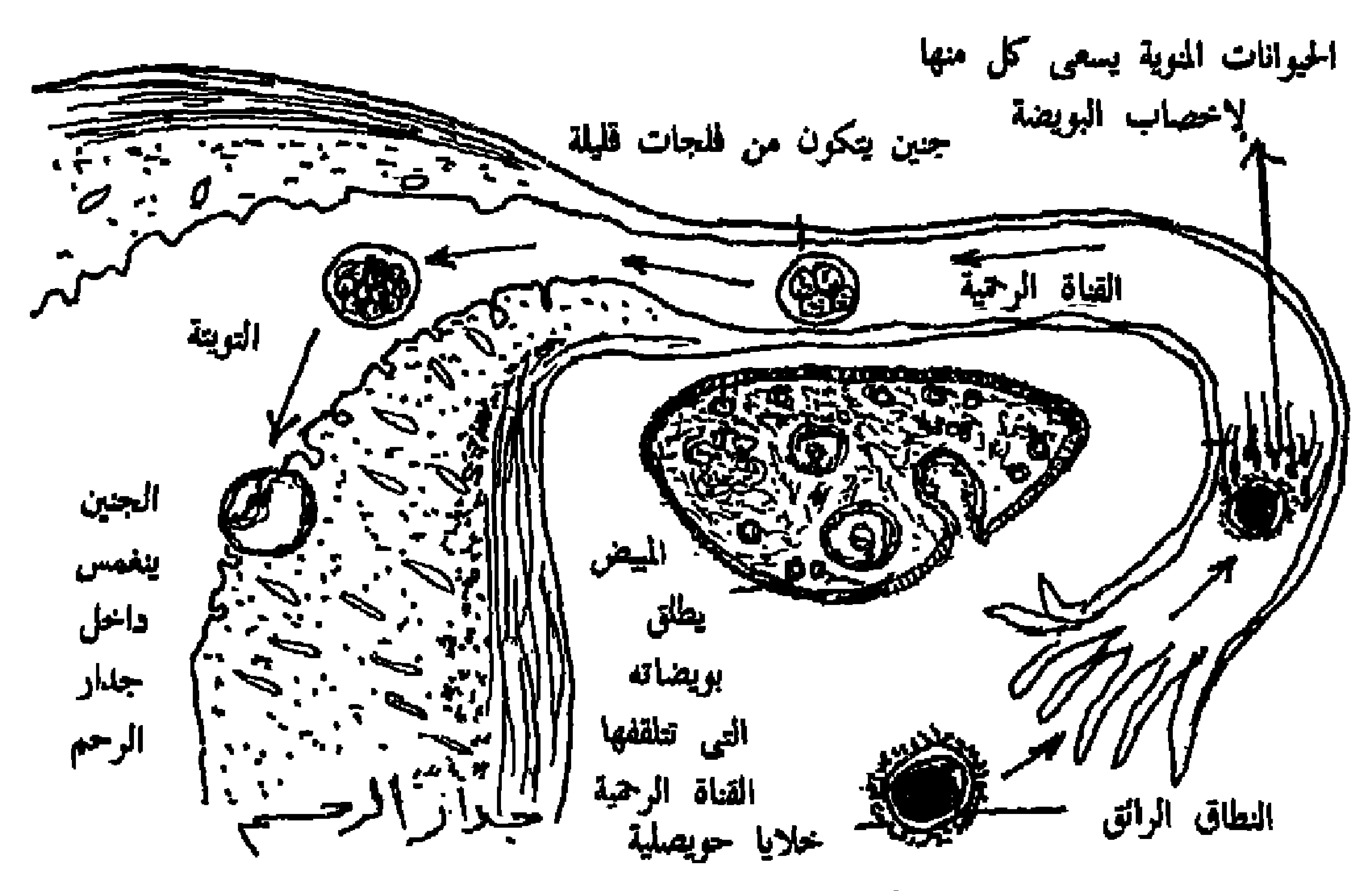




شكل (٦)
التفلج وتكوين التويتة والبلاستيولا



شكل (٧)
رسم تخطيطى للجهاز التناسلى للأنثى
فى الحيوانات ذات الحافر



شكل (٨)

التبويض والإخصاب والتفلج وانغماس الجنين داخل جدار الرحم

وعقب إخصاب البويضة ينقسم الزيجوت الناتج بسرعة إلى خليتين تسمى كل منهما فلجة ثم تنقسم الفلجتان إلى أربع وتنقسم الأربع فلجات لتصبح ثمان وهكذا . ويمر الجنين المبكر بطور يسمى « توتيه » Morula ثم بطور آخر يسمى « بلاستيولا » Blastula (شكل رقم ٦) . وتستمر عملية الانقسام الخلوى لتنتج آلاف وملايين الخلايا التى تعطى مع تقدم النمو الجنينى أنسجة الحيوان وأعضاءه ويلاحظ أن الإنقسام الخلوى الذى يحدث عقب تكون الزيجوت يتم بطريقة تسمى « الإنقسام غير المباشر » وفيه تتم المحافظة على أعداد الكروموسومات ثابتة دون نقصان من جيل إلى جيل فى سلسلة الانقسامات الخلوية المتتابعة ، وتفسير هذا الثبات فى إعداد الكروموسومات رغم الانقسامات الخلوية سوف نتعرض له فيما بعد .

استكمالا للصورة نقرر أن إخصاب البويضة بالحيوان المنوى يحدث فى القناة الرحمية أى قناة البيض - ثم يهبط الجنين إلى الرحم حيث يثبت نفسه فى جداره (شكل رقم ٧ ، شكل رقم ٨) ، وتستمر خلاياه فى الانقسام لينمو وتتكون الأنسجة والأعضاء المختلفة . ومن الجدير بالذكر أن كل خلية من خلايا الجنين الناتجة فى المراحل الأولى من النمو الجنينى تكون غير متخصصة ، بمعنى أن أية خلية فيه يمكن أن تكون أى تركيب أو أى جزء من أجزائه ، ولكن هذا الوضع لا يستمر طويلاً ، فمع توالى ازدياد عدد الخلايا يبدأ كل منها فى التخصص بالتدريج ، فتكون كل مجموعة من الخلايا مسئولة عن

تكوين أجزاء معينة من الجسم ، ولا تستطيع أن تكوّن أى جزء من أجزائه الأخرى . فعلى سبيل المثال ، فإن الجهاز العصبى وبشرة الجلد يتكونان من خلايا معينة فى الجنين ، وليس من أية خلايا فى هذا الجنين ، وكذلك العظام والعضلات والدم تتكون من خلايا أخرى معينة وهكذا ، وباستمرار نمو الجنين وتكون أعضاء الجسم المختلفة يزداد تخصص الخلايا . وتتميز الخلايا المتخصصة بخصائص شكلية معينة وقيامها بوظيفة محددة ، وهى إن انقسمت تعطى خلايا من طرازها ولا تستطيع التميز إلى طرز أخرى من الخلايا . ويصف العلماء الخلايا الجنينية فى المراحل المبكرة – والتى لها القدرة على إعطاء طرز منوعة من الخلايا – بأنها خلايا غير متميزة Undifferentiated أو غير متخصصة Unspecialized . ومن المفترض أن هذه الصفة تفقدها معظم الخلايا بالتدريج حتى تصبح مع اضطراد النمو الجنينى خلايا متميزة Differentiated أى خلايا متخصصة Specialized تقوم بوظيفة محددة ولا يمكنها بالانقسام إلا أن تعطى خلايا مثلها لها وظيفة معينة .

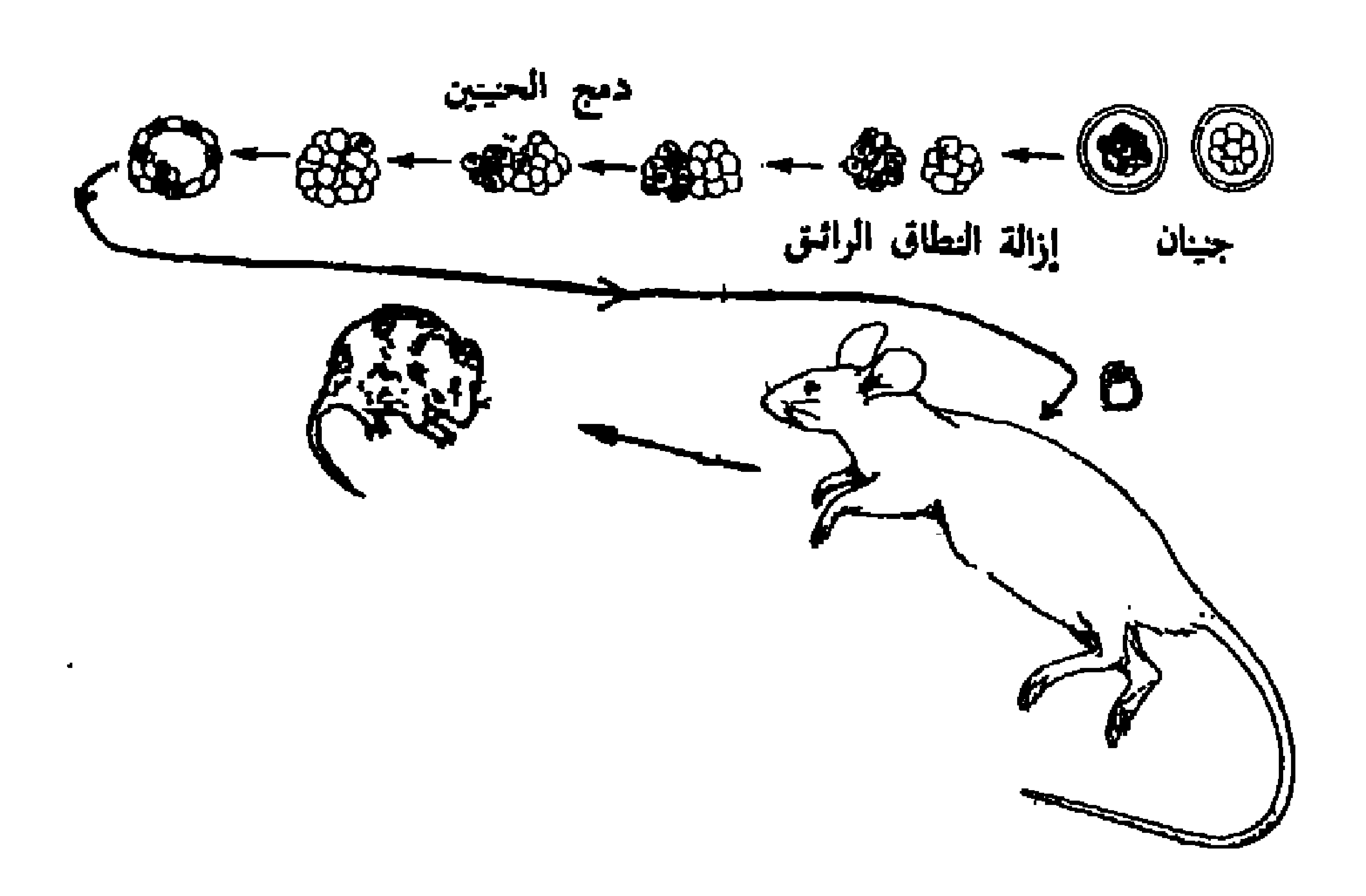
وعبر فترة التكوين الجنينى تقوم الخلايا غير المتميزة بسلسلة من الانقسامات الخلوية لتعطى فى النهاية خلايا متميزة ذات وظائف متخصصة ، وبصفة عامة تتصف الخلايا غير المتميزة – إذا ما قورنت بالخلايا المتميزة – بأن (شكل ٢) أنويتها أكبر حجما ، وبكبر النسبة بين حجم النواة وحجم السيتوبلازم ، وبأن الكروماتين بالنواة يتواجد معظمه بصورة منتشرة وليس على الهيئة المكثفة ؛ كما أن النوية بالخلية

تكون واضحة وكبيرة الحجم . كذلك تتميز تلك الخلايا بوفرة الريبوسومات فى السيتوبلازم مما يعطيه قابلية كبيرة للاصطباغ بالأصباغ القاعدية . كما تتصف الخلايا غير المتميزة بنشاطها الانقسامى العالى ، وبأن نشاطها الوظيفى عام وليس موجها لأداء ذات طبيعة خاصة . ويفسر العلماء تحول الخلايا من خلايا غير متميزة – قادرة على إعطاء طرز متنوعة من الخلايا – إلى خلايا متميزة – محدودة الوظيفة ولا تعطى بالانقسام إلا خلايا على شاكلتها تقوم بالوظيفة نفسها – على أساس أن برنامج الجينات فى أنوية الخلايا غير المتميزة كله قابل للعمل وفى حالة من النشاط ، وبذلك تكون هذه الخلايا قادرة على إعطاء تنوعات متباينة من الخلايا ذات الوظائف المتنوعة وهذه القدرة لهذه الخلايا نابعة من اتساع مجال الجينات القابلة للعمل فى أنويتها . أما الخلايا المتخصصة فإن الاعتقاد السائد يقول بأن جزءا فقط من المحتوى الجينى لهذه الخلايا هو الذى يعمل ويحدد نطاق وظيفتها المحدودة ، أما بقية المحتوى الجينى لها فهو (مغلق) ولا يعمل ، وبالطبع فإن كل طراز من طرز الخلايا المتخصصة تختلف الجينات النشطة فيه عن الجينات النشطة فى الطراز الآخر ، فالبرنامج الجينى العامل فى طراز معين من طرز الخلايا المتخصصة يختلف عن البرنامج الجينى العامل فى طراز آخر من طرز هذه الخلايا المتخصصة ، وعلى سبيل المثال فإن البرنامج الجينى المفتوح أو النشط فى خلايا متخصصة معينة كخلايا بطانة المعدة نجده مغلقا أو غير نشط فى خلايا أخرى

متخصصة كخلايا الكبد .. وهكذا . وبالتأكيد فإن البرنامج الجينى المفتوح والنشط فى خلايا بطانة المعدة يناسب ما تقوم به هذه الخلايا من وظائف مثل تخليق انزيم البيسين اللازم للهضم فى المعدة . كذلك فإن البرنامج الجينى المفتوح والنشط فى خلايا الكبد يناسب ما تقوم به هذه الخلايا من وظائف مثل تخليق مادة الجليكوجين أو تخليق أنزيمات معينة يطلقها الكبد فى بلازما الدم .

ومنذ عشرات السنين أجرى بعض العلماء تجارب أوضحت أن خلايا الجنين المبكر - الذى يتكون من عدد محدود من الفلجات - لازالت كل منها تحتفظ بقدرتها على تكوين فرد كامل . ففى القرن التاسع عشر قام هانز دريش Hans Driesh بفصل الأربع فلجات لجنين قنفذ البحر بعضها عن بعض وظل يرقب كيف ستستجيب كل من هذه الفلجات ، التى كانت ستعطى معا فردا واحدا تشارك كل فلجة فى تكوين أجزاء معينة من جسمه . والذى حدث أن كل فلجة - على عكس ما كان سيحدث لو لم تحدث عملية الفصل - أعطت فيما بعد فردًا كاملاً . وهذا يدلل على أن البرنامج الجينى لكل فلجة قد تم (فتحة) عقب انفصالها عن زميلاتها ليوجه عملية تكوين فرد كامل .

وعلى العكس من التجربة السابقة ، فقد قام الباحث منتز Mintz : فى عام ١٩٦٢ بتجربة غاية فى الإثارة على الفئران (شكل رقم ٩) ،



شكل (٩)

دمج جنينين معا بعد إزالة النطاق الرائق حول كل جنين ، ثم وضع الجنين المولف فى رحم أنثى ، لتقوم بولادة فأر له أبوين وأمين بالإضافة إلى الأم التى قامت بولادته

حيث قام بدمج جنينين معًا ، وكان كل جنين يتكون من عدة فلجات محاطة بطبقة لا خلوية تسمى النطاق الرائق Zona Pellucida ، وهى إفرازات كيميائية معينة تحيط عادة ببويضة الثدييات ، فقام الباحث بإزالة هذه الطبقة من حول كل جنين ثم دمج فلجات الجنينين معا ثم زرع التكوين الناتج – الذى له أربعة آباء – فى رحم فأره – وانتهى الأمر بولادة فأر له أربعة آباء ! وفى عام ١٩٧٨ كرر « ماركرت وبيترز » Markert and Peters من جامعة بيل الأمريكية التجربة بدمج ثلاثة أجنة ، وبذلك حصل على فأر له ستة آباء ! .

وبعد هذا الإيضاح العام .. نعود إلى تجربة ويلموت وزملائه .

لقد كان ويلموت وزملاؤه يحصلون على بويضات نعاج سلالة سوداء الوجه الاسكوتلندية Scottish Blackface بعد مدة تتراوح بين ٢٨ – ٣٣ ساعة من حقنها بهرمون يطلق عليه اسم « هرمون محفز للهرمونات منبهة المناسل » Gonadotropin- releasing hormone (GnRH) الذى يعمل على استحثاث المبيض لإطلاق بويضاته ، وكان القائمون على التجربة يعاملون هذه البويضات بسوائل معينة وينزعون من هذه البويضات أنويتها فى مرحلة معينة من مراحل نضوجها وهذه الأنوية المنزوعة هى الحاملة للصفات الوراثية لهذه النعاج . ثم قام هؤلاء العلماء بعملية دمج كل خلية من خلايا الثدى المحتوية على الأنوية « والتى يطلق عليها اسم كاريوبلاست Karyoplast ، مع هذه البويضات

منزوعة الأنوية » والتى يطلق على كل منها اسم سيتوبلاست Cytoplast وذلك فى خلال الفترة بين ٣٤ ، ٣٦ ساعة بعد حقن الهرمون المذكور ، ثم قاموا بزرع الزيجوت معاد التوليف Reconstructed هذا فى قنوات البيض المربوطة للأغنام – لضمان عدم تلقيها لبويضات من المبيض وعدم فقد الزيجوت معاد التوليف – وتركوه لمدة ستة أيام ، وهذه المدة كافية ليصل فيها الجنين إلى طور التويتة morula أو طور البلاستيولا blastula . ويبدو أن وضع الجنين فى قناة البيض فى هذه المرحلة من تكوينه ضروريا لتوفير وسط معين من المكونات الكيميائية الضرورية لاستمرار وسلامة التكوين الجنينى . وقد تم بعد ذلك نقل هذه الأطوار الجنينية إلى أرحام نعاج يطلق عليها وصف « المستقبلات » recipient ewes ، حيث تستكمل هذه الأجنة نموها حتى النهاية .

إلا أننا يجب أن ندرك أن الأمر ليس بهذه السهولة ، فهناك الكثير من العلماء الذين فشلوا مرارا فى الحصول على أى قدر من النجاح ، وهناك الكثير من الاعتبارات العلمية الضرورية التى يجب أن تؤخذ فى الاعتبار ، كما أن هناك أمورا كثيرة لازال يكتنفها الغموض وتحتاج إلى المزيد من البحث .

وفى محاولة استعمال أنوية خلايا فرد يافع لاستنساخ كائن حى – كان سؤال التحدى أمام العلماء هو : هل يمكن تحويل الخلية التى

تم تميزها وأصبحت متخصصة ، هل يمكن تحويلها إلى خلية غير متميزة وغير متخصصة وبذلك تصبح قادرة على إعطاء مختلف طرز الخلايا عن طريق الانقسام ؟ وبصورة أخرى ، هل يمكن إعادة البرنامج الوراثى الكامل فى الخلايا المتخصصة للعمل بعد أن تعطل معظمه وأغلقت (مفاتيحه) ولم يعد يعمل به إلا ما يناسب الطبيعة التخصصية لهذه الخلية المتميزة أو تلك ؟ .

ولنضع سؤال التحدى بصورة مباشرة . هل يمكن أخذ خلية من حيوان بالغ — أى خلية متخصصة ذات وظيفة محددة يعمل بها برنامج جينى محدود — وتحويل نواتها بطريقة ما إلى نواة يعمل بها كل البرنامج الجينى لتقوم — بعد إدخالها فى البويضة — مقام نواة الزيجوت ، ويمكن للزيجوت معاد التوليف هذا — عن طريق الانقسام المتكرر — إعطاء خلايا متباينة تكون كل أجزاء الجسم بأنسجته وأعضائه ؟ .

لقد حير هذا التساؤل العديد من علماء بيولوجيا الخلية وبيولوجيا التكاثر لعقود عديدة . ولاشك أن نجاح الاستنساخ الذى قام به العالم ويلموت وزملاؤه تعنى إمكانية دفع نواة خلية متخصصة ذات برنامج وراثى عامل محدود لتعمل كنواة خلية جنينية ذات برنامج جينى مفتوح بالكامل تستطيع من خلاله إعطاء الخلايا اللازمة لتكوين فرد كامل تمت ولادته ويعيش عيشة طبيعية شهورا عديدة متمثلا فى النعجة « دوللى » ..

الفصل الرابع

الدورة الخلوية ومراحل الانقسام الخلوى وعلاقتهما بالاستنساخ

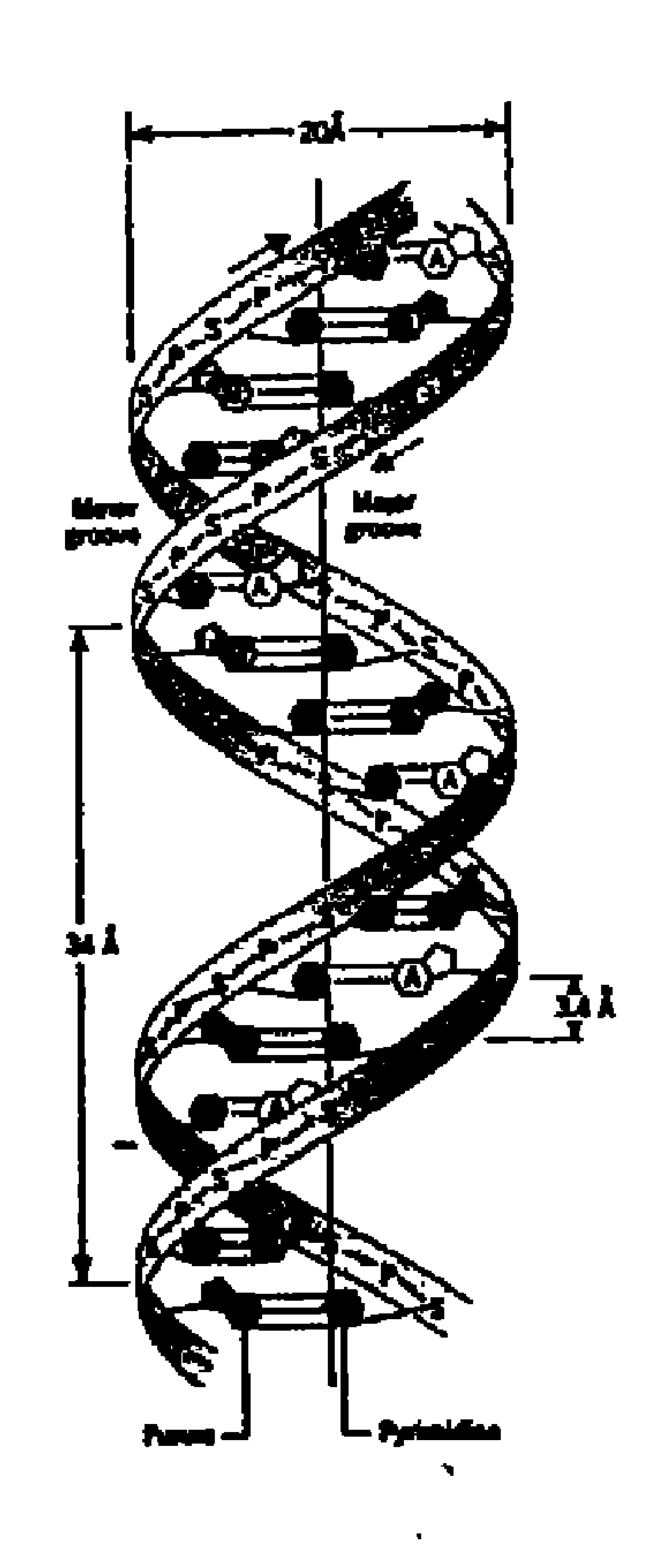
لقد اتضح للعلماء منذ سنوات قليلة العلاقة الوثيقة بين نجاح الاستنساخ وما يسمى بالدورة الخلوية ، وقد راعى ويلموت وزملاؤه هذا الاعتبار عند إجرائهم التجربة الخاصة بالنعجة « دوللى » كما سنرى فيما بعد .

ومن المناسب أن نستعرض ماهية الدورة الخلوية ، ومراحل الانقسام الخلوى ، حتى نتفهم بالتفصيل الاعتبارات العلمية المختلفة فى تجربة الاستنساخ والتى سيعالجها هذا الكتاب .

كما ذكرنا من قبل فإن حمض (د ن أ) DNA الموجود فى أنوية الخلايا يمثل المادة الوراثية ، وأن هذا الحمض يكون المادة الأساسية لبنية الكروموسومات التى توجد بدورها فى هذه الأنوية .

وقد أجريت الكثير من الدراسات على هذا الحمض لإيضاح تركيبه ، كان من أهمها تلك التى أجراها تشارجاف Chargaff فى الفترة بين عامى ١٩٤٩ ، ١٩٥٣ . وفى عام ١٩٥٣ – واعتمادا

على دراسات بأشعة (X) أجراها ولكنز وفرانكلين Wilkins and Franklin قدم واطسون وكريك Watson and Crick النموذج البنائى لهذا الحمض ، وقد فتح هذا الإنجاز آفاقًا لا حدود لها فى العلوم البيولوجية ، وفى عام ١٩٦٢ حصل كريك البريطانى وواطسون الأمريكى وولكنز البريطانى على جائزة نوبل فى الفسيولوجيا والطب تقديرًا لهذا العمل العلمى الكبير . وكان واطسون وكريك نشرا نتيجة أبحاثهما فى مقالتين بمجلة « نيتشر » فى العدد ١٧١ لسنة ١٩٥٣ على الصفحات ٧٣٧ – ٧٣٨ ، ٩٦٤ – ٩٦٧ . ودون الدخول فى تفاصيل ، فإن كل كروموسوم يتكون بصفة أساسية من جزئ واحد أو جزيئين من حمض DNA (ويعتمد ذلك على موقع الخلية من دورتها الخلوية كما سنرى بعد قليل) ، ويتكون جزئ هذا الحمض من سلسلتين متوازيتين من المركبات الكيميائية ، والسلسلتان تلتفان حول بعضهما البعض وفق نظام معين ومرتبطتان معا بروابط كيمائية ضعيفة (شكل رقم ١٠) . وتحتوى كل سلسلة من سلسلتى جزئ حمض د . ن . أ DNA على جزيئات من مركبات معينة مرتبة وفق تتابع محدد يميز هذا الجزئ من حمض DNA . ولترتيب هذه الجزيئات داخل حمض DNA أهمية قصوى فى تحديد صفات كل مخلوق والتى يورثها لأجياله القادمة . وكما سنرى فى الفصل الثامن ، فإن العلماء يسعون للكشف عن ما هية هذا الترتيب فى كل كائن من الكائنات التى يرى العلماء أن لها أهمية خاصة وتكون صفات حمض DNA [illegible] كل



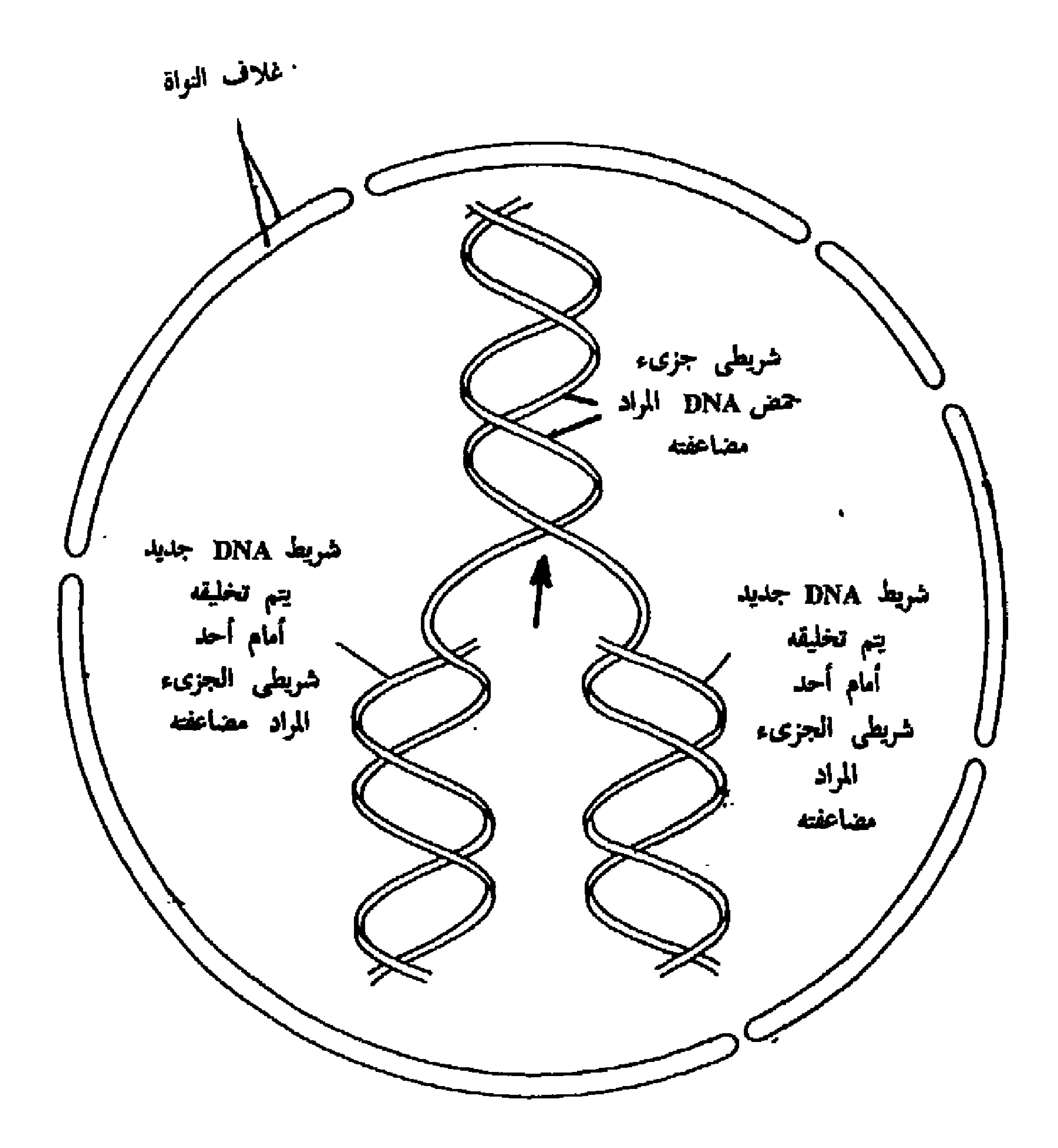
شكل (١٠)

جزء من جزىء حمض DNA ، الجزىء يتكون من سلسلتين – من مركبات كيميائية معينة – تلتفان حول بعضهما وترتبطان عرضيا

مخلوق ما يسمى باسم « جينوم genome » . وهذا الجينوم ثابت كمًا ونوعًا لكل نوع من الكائنات .

وقد قدر بعض العلماء أن الخلية الجسمية البشرية الواحدة تحتوى على جزيئات من هذا الحمض يصل مجموع أطوالها إلى ١٧٤ سم ، كما يصل مجموع أوزانها إلى ٥,٦١ بيكو جرام (الجرام = مليون مليون بيكو جرام) . وبالطبع فإن هذه الجزيئات مطوية طيا عظيما داخل الحيز الصغير لنواة الخلية . وقد وجد أن جزئ حمض DNA له القدرة على مضاعفة نفسه عند اللزوم ، ولإتمام ذلك ، تنفك الروابط الرابطة بين سلسلتى كل جزئ – ويتكون أمام كل سلسلة ، سلسلة جديدة باستخدام المركبات الكيميائية المختلفة الموجودة فى الخلية ، وبذلك يصبح لدينا جزيئان من هذا الحمض ، يتكون كل منهما من سلسلة قديمة وسلسلة جديدة ، ويلاحظ أن السلسلة القديمة تعمل كقالب تتخلق وفقا له السلسلة الجديدة للجزئ (شكل رقم ١١) . ويرجع الفضل فى كشف آلية تضاعف هذا الحمض إلى تجارب « تايلور ، وودز ، هجز » Taylor, Woods and Hughes التى أجروها على نبات الفول **Vicia faba** فى عام ١٩٥٧ باستخدام النظائر المشعة . كذلك إلى تجارب ميسلسون وستال Meselson and Stahl التى أجرياها عام ١٩٥٨ على نوع شهير من البكتريا يسمى إيشيرشيا كولاى **Escherichia coli** وذلك باستخدام النظائر المشعة أيضا .

ومن الجدير بالذكر أن عملية تضاعف المادة الوراثية أى تضاعف



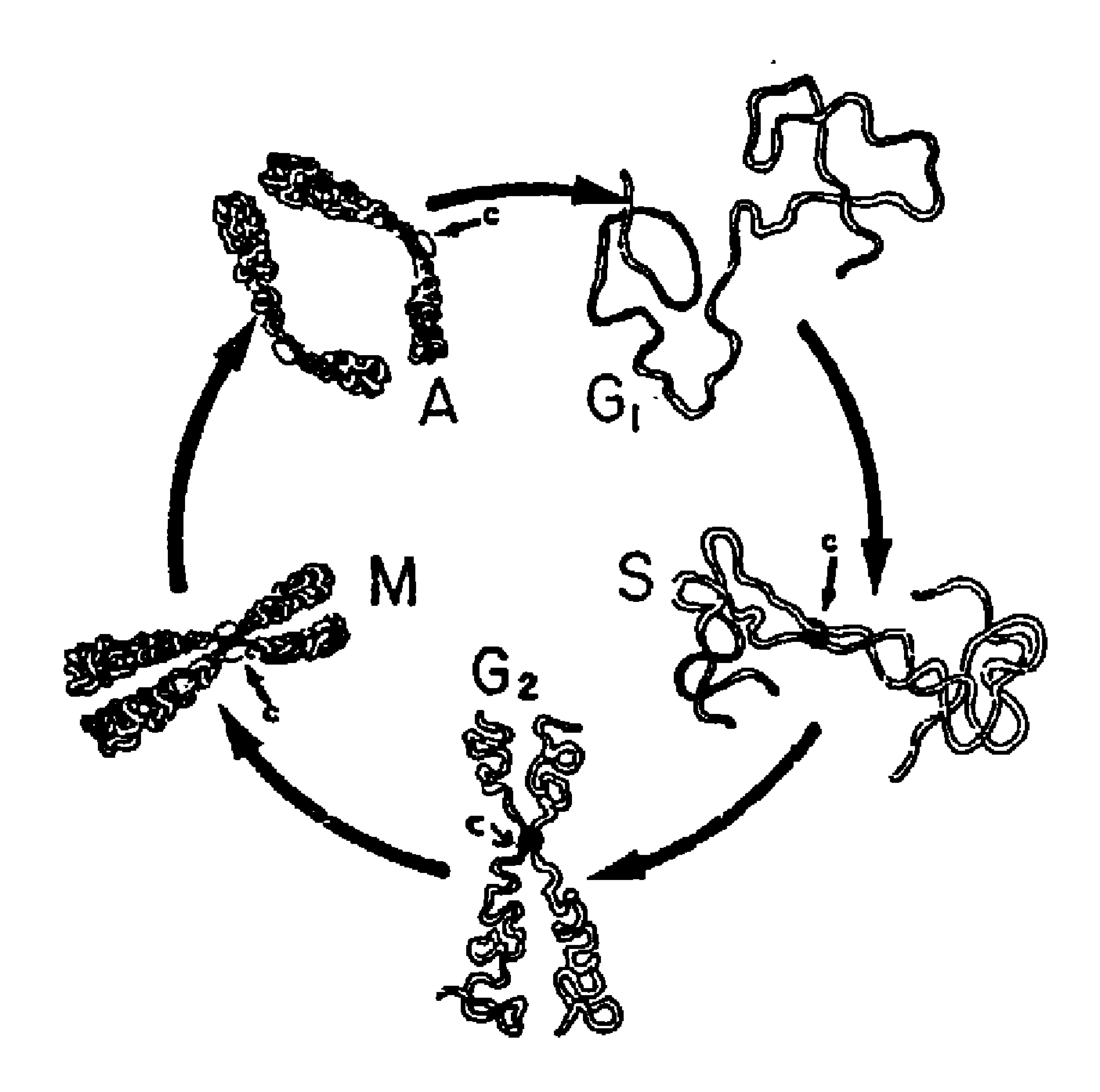
شكل (١١)

طريقة مضاعفة جزىء DNA لنفسه حيث ينفك شريطى الجزىء عن بعضهما ثم يتكون شريط جديد أمام كل شريط قديم وبذلك ينتهى الأمر بتكون جزيئين من الحمض بعد أن كان لدينا جزىء واحد .

حمض DNA ضرورية قبل أن تقوم الخلية بالانقسام الخلوى حتى تأخذ كل خلية من الخليتين الناتجتين عن الانقسام الكمية المحددة من المادة الوراثية والمميزة لكل كائن حى . وهذا يفسر ثبات عدد الكروموسومات فى الخلايا الجسمية للكائن الحى رغم الانقسامات المتتالية لهذا الخلايا .

وإذا فحصنا خلية ما قد نتجت للتو عن عملية انقسام خلوى فإننا لن نستطيع رؤية كروموسومات المحتوية على جزيئات حمض د .ن .أ (DNA) . لأن مادة الكروموسومات تكون مفككة . ولكن إذا قدر لنا أن نكثفها عن طريق تقنية معينة فإننا سنجد أن كل كروموسوم يتكون من خيط واحد يسمى كروماتيد (شكل رقم ١٢) ويتكون هذا الكروماتيد من جزئ واحد من حمض (د . ن . أ) (DNA). ويرمز إلى هذه الفترة من عمر الخلية بالرمز (G_1) . ثم تدخل الخلية فترة يرمز لها بالرمز (S) وفيها تجرى عملية مضاعفة حمض (د . ن .أ) بالطريقة السابق ذكرها (شكل ١١) ، وعقب ذلك تدخل الخلية فترة من عمرها يرمز لها بالرمز (G_2) والتى فيها يشاهد كل كروموسوم – إن أمكن تكثيف مادته– مكونا من خيطين بدلا من خيط واحد ، أى أنه سيصبح مكونا من كروماتيدين متصلين معا (شكل رقم ١٢ ، شكل رقم ١٣) ، أى أنه خلال الفترة (G_2) يكون مقدار المادة الوراثية مضاعفا .

ويطلق على مجموع الفترات الثلاث السابقة وهى (G_1+S+G_2)



شكل (١٢)

مراحل الدورة الخلوية وإيضاح نمط الكرموسوم خلالها .

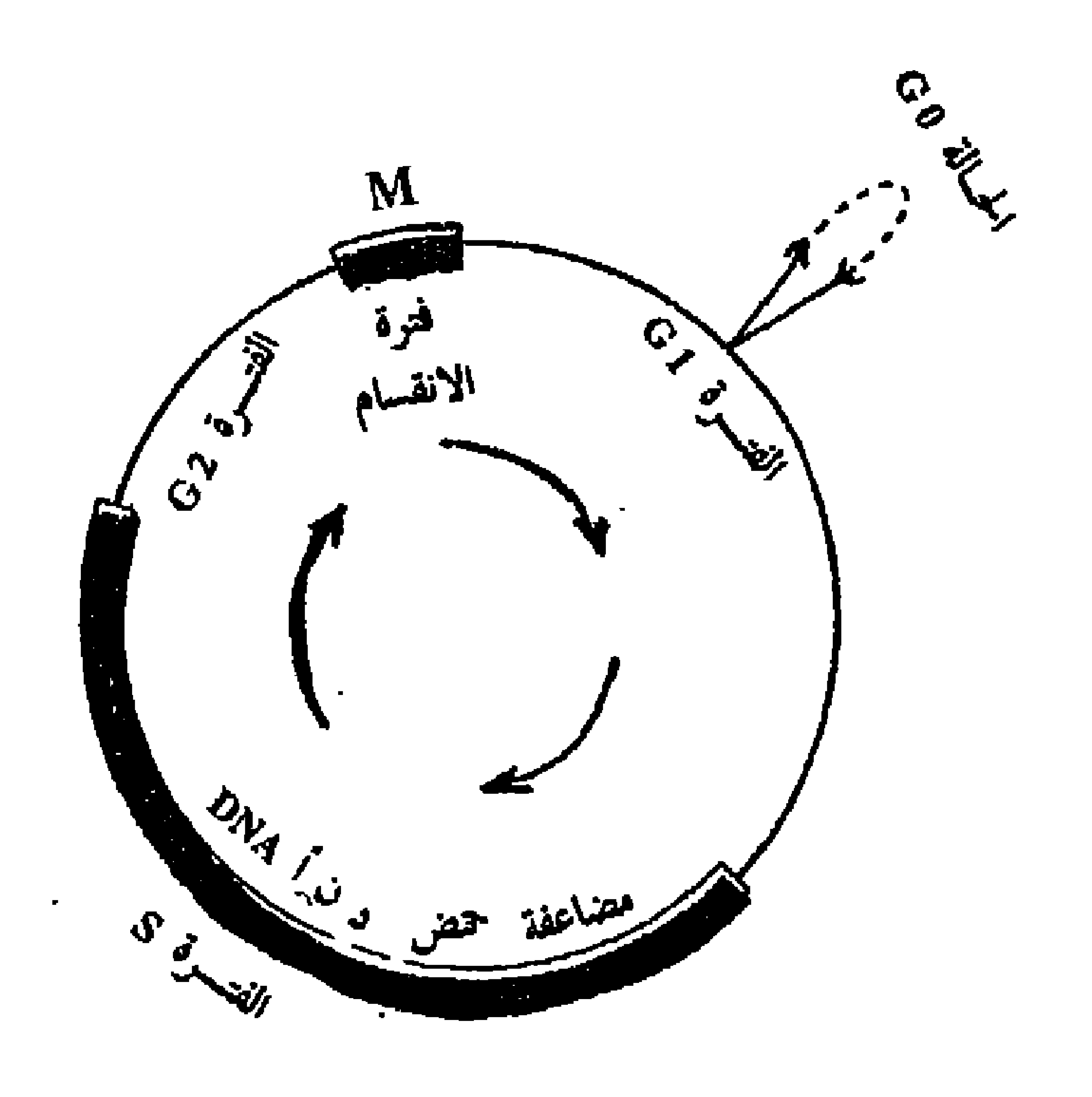
(G1 + S + G2) تمثل مراحل من الدورة الخلوية

M الطور الاستوائى فى الانقسام

A الطور الانفصالى فى الانقسام

c يمثل السنترومير

يلاحظ أنه من المرحلتين G1 ، Sمادة الكروموسوم تكون مفككة ، بينما فى الفترتين M ،A تكون مادته مكثفة



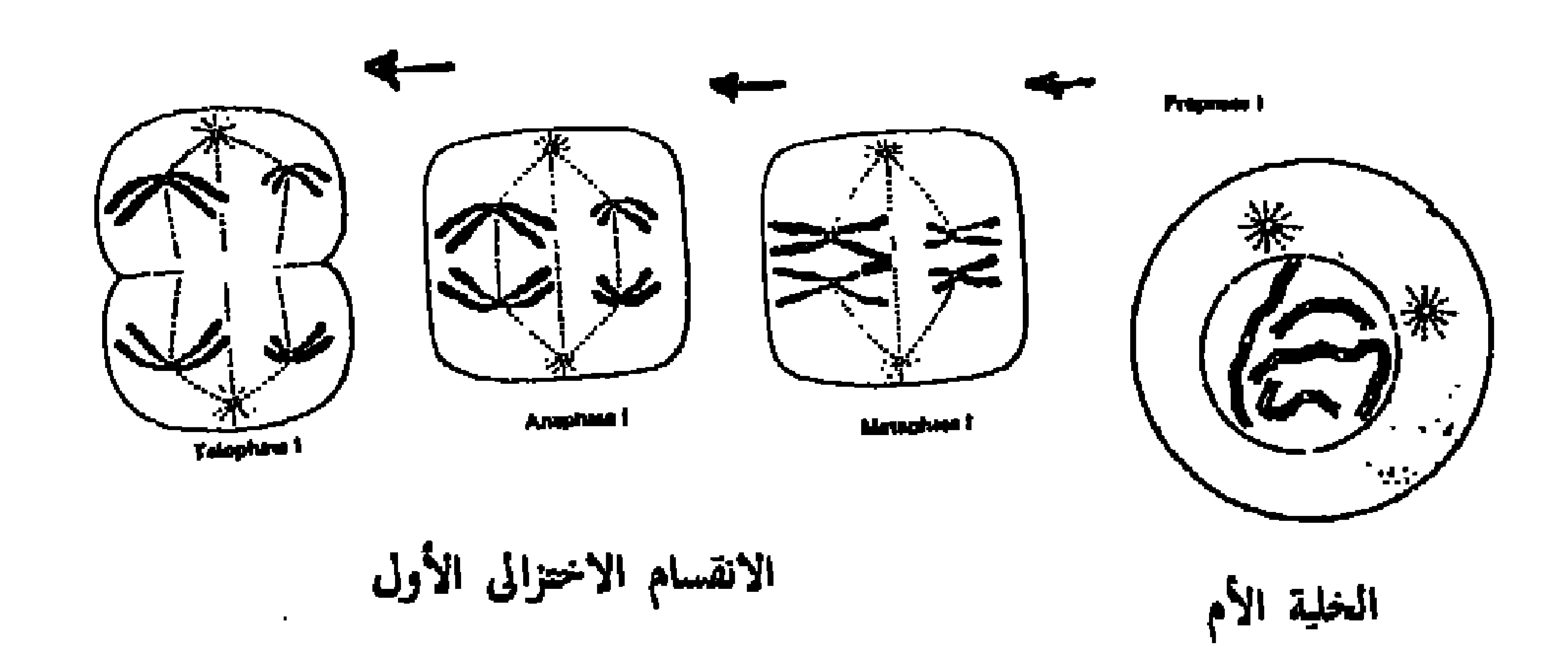
شكل (١٣)

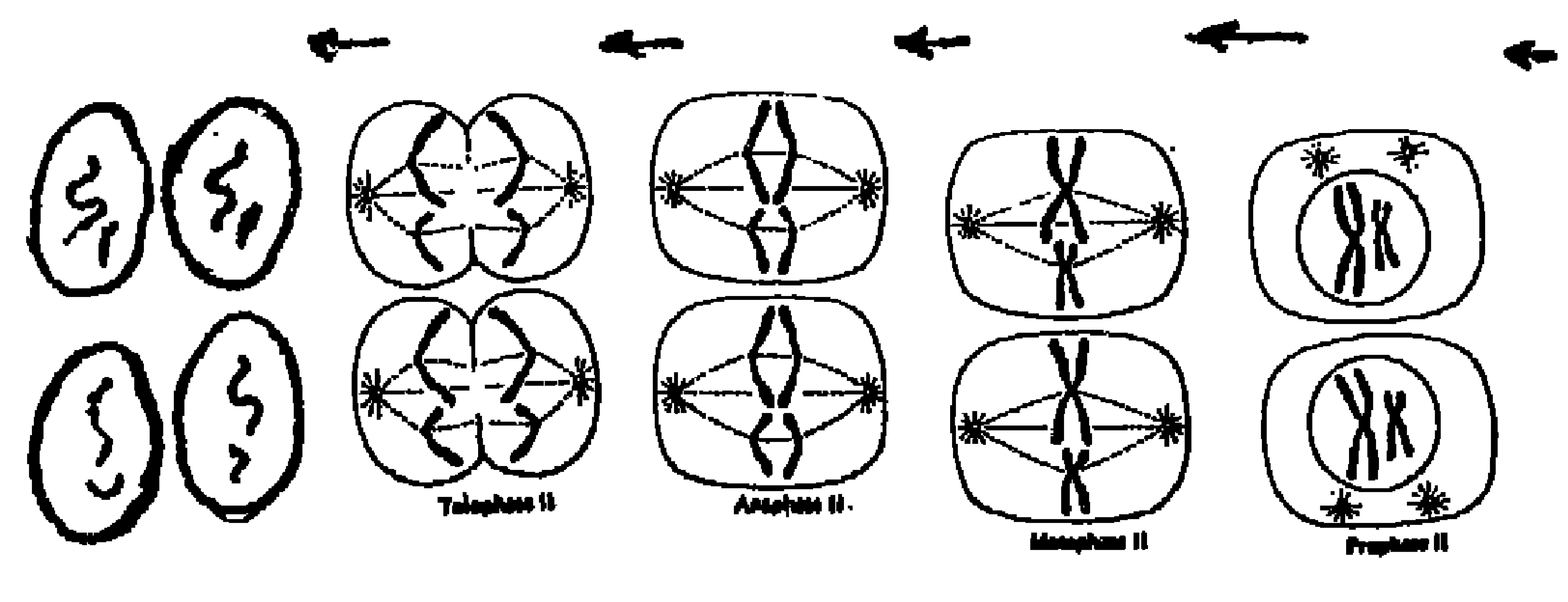
مراحل الدورة الخلوية لتوضيح دخول الخلية فى حالة Go وخروجها من الدورة الخلوية . يمكن للخلية الرجوع إلى الدورة الخلوية إذا تغيرت الظروف المحيطة بالخلية وذلك بطريقة معينة .

اسم المرحلة البينية Interphase ، وفيها تبدو نواة الخلية واضحة ومحاطة بغلاف من غشائين ، وهى فى الواقع تحتوى على مادة الكروموسومات ، ولكن لا يمكن رؤية الكروموسومات فى هذه المرحلة لأن مادتها تكون مفككة كما سبق القول . وتقوم الخلية بالنمو خلال الفترتين (G_1 & G_2) ، وبعد انتهاء المرحلة البينية تدخل الخلية طور الانقسام الذى يتم فى خلايا الجسم العادية عن طريق ما يسمى بالانقسام « غير المباشر » الذى سبق الإشارة إليه . ويرمز لمرحلة الانقسام هذه بالرمز M . وعادة يقسم العلماء مشاهد عملية الانقسام هذه إلى أربعة أطوار كما يلى (شكل ١٤) :

أ – الطور التمهيدى : وفيه تبدأ النواة بشكلها المحدد فى الاختفاء وتبدأ الكروموسومات فى الظهور على شكل خيوط رفيعة وطويلة ، وظهور الكروموسومات يرجع إلى تكثف مادتها .

ب – الطور الاستوائى : وفيه تقصر الكروموسومات وتزداد سمكًا وترتب نفسها على الخط المنصف للخلية والمسمى بالخط الاستوائى للخلية ، ويبدو هنا كل كروموسوم مكونًا من كروماتيدين (كل كروماتيد يمثل جزيئ من حمض DNA) ، ويتصل كروماتيدى كل كروموسوم معًا عند نقطة تسمى سنترومير . وعند هذه النقطة يتصل بالكروموسوم خيوط رفيعة تسمى « خيوط المغزل » التى تنشأ من عند قطبى الخلية من تركيب خلوى صغير يسمى سنتريول . وتعتبر





الانقسام الاختزالى الثانى

شكل (١٤)
خطوات الانقسام الاختزالى

تقوم الخلية بإنقسام أول يعطى خليتين كل منهما تحوى نصف عدد الكروموسومات ، وكل كروموسوم يتكون من كروماتيدين . تنقسم الخليتان الناتجتان لينتج أربع خلايا ، وخلال هذا الانقسام ينكسر السنترومير بين كل كروماتيدين . الخلايا الأربع الناتجة يحتوى كل منها على نصف عدد الكروموسومات ، ويتكون كل كروموسوم منها من كروماتيد واحد .

مواصفات الكروموسوم فى هذا الطور هى المرجع الأساسى الذى يحدد صفاته المميزة لدى العلماء .

جـ - الطور الانعزالى : وفيه تنجذب خيوط المغزل -الممتدة على الجانبين والممسكة بكل كروموسوم من عند نقطة السنترومير- فى اتجاه السنتريول الذى نشأت منه ، فينشق السنترومير فى كل كروموسوم ، وبذلك ينفصل كروماتيدى كل كروموسوم عن بعضهما . تقوم خيوط المغزل على كل جانب بجذب الكروماتيدات الواقعة ناحيتها إليها .

د - الطور النهائى : وفيه تتجمع كل مجموعة من الكروماتيدات عند قطبى الخلية . ومن المهم أن نعيد القول هنا أن كل كروماتيد يتكون من جزئ واحد من حمض DNA ، وأنه يوصف منذ هذا الحين باسم كروموسوم . يبدأ السيتوبلازم فى التخصر عند الخط المنصف للخلية ، ويزداد الاختناق تدريجيا حتى ينتهى الأمر بانقسام الخلية إلى اثنتين . وفى الوقت نفسه تزداد الكروموسومات على كل جانب طولاً ، ويقل سمكها ، تمهيدًا لاختفائها داخل الأنوية التى تبدأ فى الظهور- نواة فى كل خلية ناتجة ، ويرجع اختفاء الكروموسومات إلى تفكك خيوطهما . وتبدأ كل خلية دخول المرحلة البينية التى تبدأ بالفترة G_1 كما سبق القول .

ويتضح مما سبق أنه على مدى الدورة الخلوية يضاعف حمض DNA

نفسه خلال جزء من المرحلة البينية (الفترة S) ثم تنقسم كمية هذا الحمض فى طور الانقسام بين الخليتين الناتجتين ليكون فى كل خلية كمية من حمض DNA الثابتة والمميزة لكل كائن من الأحياء .

وموازيا لذلك المفهوم (شكل ١٢) فإنه فى بداية الانقسام الخلوى يبدو كل كروموسوم مكونا من كروماتيدين أى أن المادة الوراثية فيه مضاعفة . وعندما يحين الطور الانفصالى ينقسم الكروموسوم إلى وحدتين لينفصل الكروماتيدين عن بعضهما ويذهب كل كروماتيد إلى خلية ويطلق عليه اسم كروموسوم لتدخل الخلية المرحلة البينية وبها كل كروموسوم مكونا من كروماتيد واحد تتم مضاعفة مادته فى الفترة (S) من هذه المرحلة البينية .

وتفسر الدورة الخلوية ثبات عدد الكروموسومات فى خلايا الكائن الحى رغم توالى عمليات الانقسام الخلوى . حيث يظهر الكروموسوم مكونا من كروماتيدين فى الطور الاستوائى للانقسام الخلوى – ولكن كل خلية ناتجة عن الانقسام الخلوى تأخذ كروموسومات كل منها من كروماتيد واحد تتم مضاعفته فى الفترة (S) من المرحلة البينية التالية ، وهكذا يبدو عدد الكروموسومات ثابتا فى مرحلة الانقسام فى الدورات الخلوية المتعاقبة . ومن الجدير بالذكر أن الدورة الخلوية سالفة الذكر تشمل على تكثيف Condensation مادة الكروماتين فى النواة عند بداية الانقسام الخلوى لتظهر الكروموسومات ، أما عند

نهاية الانقسام والدخول فى المرحلة البينية فإن هذا الكروماتين يحدث له تفكك Dispersion or Decondensation وبـذلك تختفى الكروموسومات بشكلها التقليدى المعروف .

ويوضح الشكل رقم (١٣) مراحل الدورة الخلوية سالفة الذكر .
وكان « هوارد » و « بلك » Howard & Pelc قد قاما بدراستها فى عام ١٩٥٣ – وذلك باستخدام النظائر المشعة .

وقد لوحظ أن خلايا النسيج الواحد لا تتازمن معا فى الدورة الخلوية ، ولوحظ كذلك أن الطرز المختلفة من الخلايا تستغرق أزمنة مختلفة فى المراحل الأربع للدورة الخلوية .

ومن الجدير بالذكر أن هناك نقطة زمنية فاصلة فى الفترة (G_1) عندها تخرج بعض طرز الخلايا من الدورة الخلوية لتدخل حالة تسمى (G_0) ، وبذلك لا تدخل الخلية فى مرحلة الانقسام الخلوى ، وهذا هو ما يحدث للخلايا العصبية الناضجة حيث تدخل الحالة (G_0) وتقف عمليات انقسامها وتكاثرها ، وتوصف النواة فى هذه الحالة بأنها « هادئة » quiescent.

وسنرى فى فصل لاحق كيف أن توظيف الحالة (G0) ساعد على نجاح استنساخ النعجة « دوللى » الذى قام به ويلموت وزملاؤه .

ومن ناحية أخرى فقد ذكرنا فى الفصل الثالث أن تكوين الخلايا التناسلية (الحيوانات المنوية والبويضات) فى الخصى والمبايض يشتمل

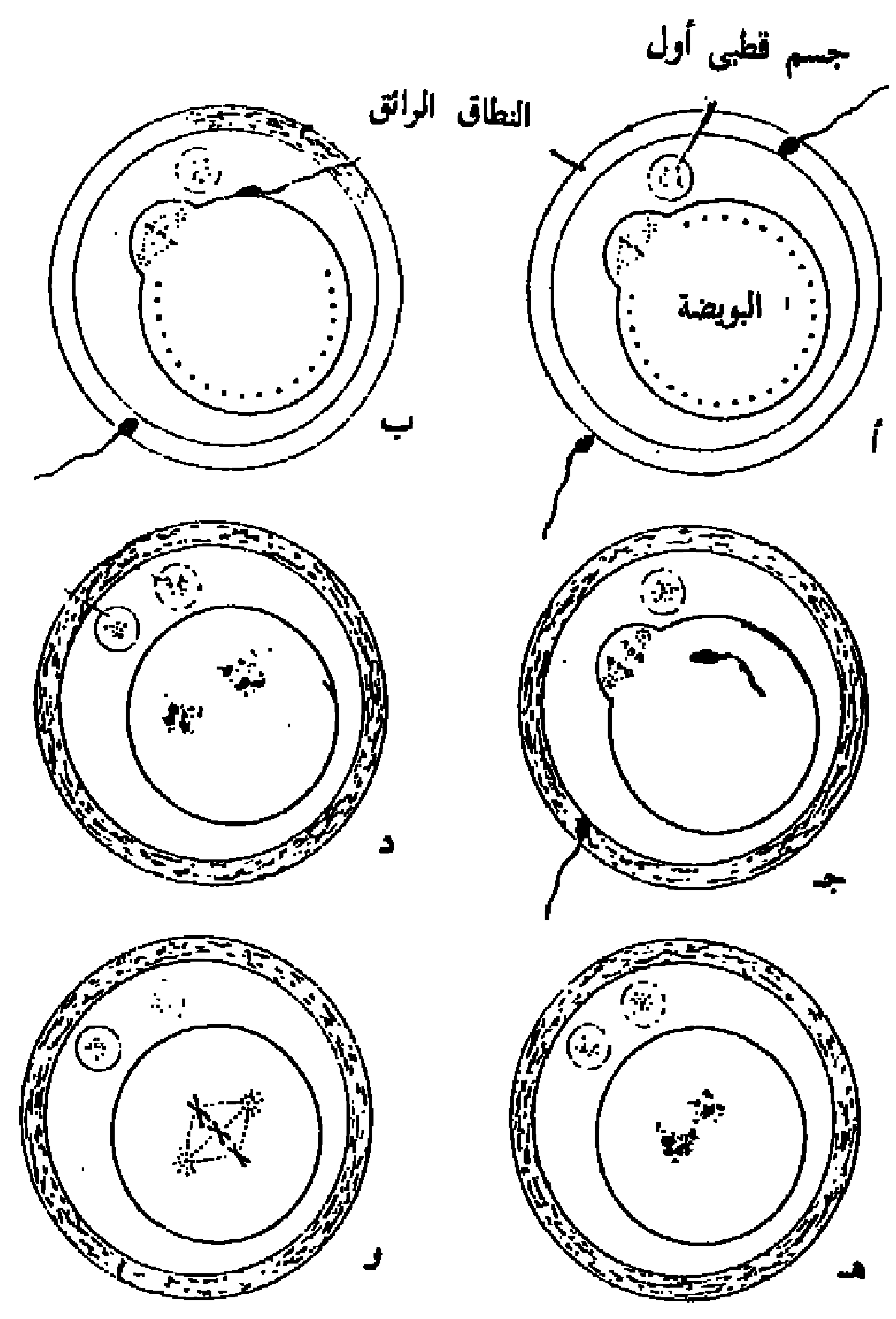
على طراز آخر من الانقسام الخلوى يسمى « الانقسام الاختزالى » الذى يضمن احتواء الحيوان المنوى أو البويضة على نصف عدد الكروموسومات ، حتى إذا ما اتحد الحيوان المنوى مع البويضة عند حدوث الإخصاب تم استعادة عدد الكروموسومات كاملاً فى البويضة المخصبة (الزيجوت) .

ويحدث الانقسام الاختزالى فى خصى الذكور ، كما تحدث معظم مراحله فى مبايض الإناث (شكل رقم ١٤) . وفى هذا الانقسام الخلوى تنقسم الخلية الأم لتعطى خليتين ، تأخذ كل منهما نصف عدد الكروموسومات ، وكل كروموسوم لازال يتكون من كروماتيدين . ثم تنقسم الخليتان الناتجتان لينتج أربع خلايا ، وخلال هذا الانقسام ينكسر السنترومير بين كل كروماتيدين ، وبذلك تحتوى كل خلية من الخلايا الأربع الناتجة على نصف عدد الكروموسومات التى يتكون كل منها من كروماتيد واحد فقط .

وفى حالة الذكور فإن الخلايا الأربع الناتجة عن كل خلية أم تتحور لتصبح حيوانات منوية ، وبذلك فإن نواة الحيوان المنوى تحتوى على نصف عدد الكروموسومات المميزة لهذا الكائن الحى .

وفى حالة الإناث فإن الحال يختلف فى بعض التفصيلات عن حالة الذكور ، حيث يعطى الانقسام الاختزالى الأول خلية كبيرة تسمى الخلية البيضية الثانوية وأخرى صغيرة تسمى الجسم القطبى الأول –

وكل منهما يحوى نصف عدد الكروموسومات ، وكل كروموسوم يتكون من كروماتيدين كما سبق القول . ويشاهد الجسم القطبى الأول عند سطح الخلية الكبيرة الناتجة محاطان معا بالنطاق الرائق . وتبدأ الخلية الكبيرة فى إجراء الانقسام الاختزالى الثانى ، ولكنه يقف عند مرحلة الطور الاستوائى (شكل رقم ١٥) . ويطلق على الخلية الكبيرة هنا اسم « البويضة » . ولا تستكمل البويضة الانقسام الاختزالى الثانى إلا بعد استثارتها – عادة – بدخول الحيوان المنوى فيها ، وعندئذ تنقسم البويضة إلى خلية كبيرة وأخرى صغيرة ، كل منهما تحتوى على نصف عدد الكروموسومات ، وكل كروموسوم يتكون من كروماتيد واحد ، وتخرج الخلية الصغيرة على هيئة جسم قطبى ثان . والأجسام القطبية تتحلل ولا وظيفة لها . وتنتفخ نواة الحيوان المنوى ويطلق عليها وعلى نواة البويضة معا اسم « أنوية قبلية Pronuclei» وسرعان ما تتضاعف مادة (DNA) فى كروموسومات نواة الحيوان المنوى الذى اخترق البويضة ، وكذلك تتضاعف مادة (د . ن . ا) DNA فى كروموسومات نواة البويضة ذاتها . ثم تقترب النواتان من بعضهما ، ويختفى الغلاف المحيط بكل منهما وبذلك تندمج كروموسومات الخلية الذكرية مع كروموسومات الخلية الأنثوية ، مما يعنى تكون الزيجوت ، الذى يبدأ فى عملية التفلج لتكوين الجنين . وإذا لم يحدث إخصاب للبويضة – التى تحتوى على كروموسومات فى المرحلة الاستوائية للانقسام الاختزالى الثانى – خلال مدة معينة ، فإنها تتحلل .



شكل (١٥) خطوات إخصاب البويضة

(أ) حيوان منوى يخترق النطاق الرائق حول البويضة التى تشاهد وبجوارها الجسم القطبى الأول .

(ب) رأس الحيوان المنوى تلامس غشاء البويضة .

(جـ) الحيوان المنوى داخل سيتوبلازم البويضة .

(د) خروج الجسم القطبى الثانى وتضخم نواة الحيوان المنوى

(هـ) اقتراب النواتان الأوليتان من بعضهما .

(و) الطور الاستوائى فى التفلج الأول وهو يتم عن طريق الانقسام غير المباشر

والآن هناك حتما سؤال يفرض نفسه وهو : ما علاقة كل من الانقسام الاختزالى وعملية إخصاب البويضة بالاستنساخ الذى أجراه ويلموت وزملاؤه ؟ .

لعلنا نتذكر أن الاستنساخ اشتمل على نزع نواة البويضة قبل إدماج هذه البويضة مع نواة خلية جسدية .

لقد كان التساؤل بخصوص البويضة الذى واجه العلماء هو : يا ترى فى أية المراحل يتعاملون مع البويضة ؟ هل يتعاملون معها عشوائيا فى أى مرحلة من مراحل تكوينها ؟ أم يتعاملون معها وهى فى مرحلة الطور الاستوائى للانقسام الاختزالى الثانى ؟ أم بعد إخصابها بالحيوان المنوى ثم ينزعون منها نواة الزيجوت ؟ لقد جرب العلماء كل ذلك وغيره واستغرق ذلك جهدا ووقتا . فقد قام كل من ماكجرات وسولتر McGrath & Solter فى عام ١٩٨٤ وكذلك روبل وآخرين Robl et al فى عام ١٩٨٧ باستخدام الزيجوت ، وعلى الجانب الآخر قام براثير وآخرين Prather et al فى عام ١٩٨٧ ، براثير وفرست Prather & First فى عام ١٩٩٠ ، تشونج وآخرون Cheong et al فى عام ١٩٩٣ ، قاموا بإجراء تجارب الاستنساخ باستخدام البويضة فى مرحلة الطور الاستوائى للانقسام الاختزالى الثانى ، وقد اتضح من هذه التجارب أفضلية الاختيار الأخير ، وقد شغلت هذه القضية الهامة اثنان من أصحاب « دوللى » حيث قام ويلموت وكامبل Wilmut & Campbell فى عام ١٩٩٢ بدراسة هذه المفاضلة وقررا

أيضا أفضلية اختيار البويضة وهى فى مرحلة الطور الاستوائى للانقسام الاختزالى الثانى – وهذا ما قاما به مع بقية زملائهما فى بحثهم الشهير الذى نشر فى ٢٧ فبراير ١٩٩٧ ، ونتجت عنه النعجة « دوللى » وقد بررروا هذه الأفضلية – فى البحث الأخير – على أساس احتمال أن بالبويضة عوامل لازمة لإعادة برمجة جينات النواة المنقولة – وأن هذه العوامل تستهلك أثناء تكوين الزيجوت – ولهذا فإن استخدام البويضة غير المخصبة يضمن بقاء هذه العوامل التى تعتبر ضرورية لإعادة برمجة نواة الخلية الجسدية المنقولة ، والتى يرجى فتح برنامجها الجينى كما سبق إيضاح ذلك من قبل .

الفصل الخامس

الاندماج الخلوى

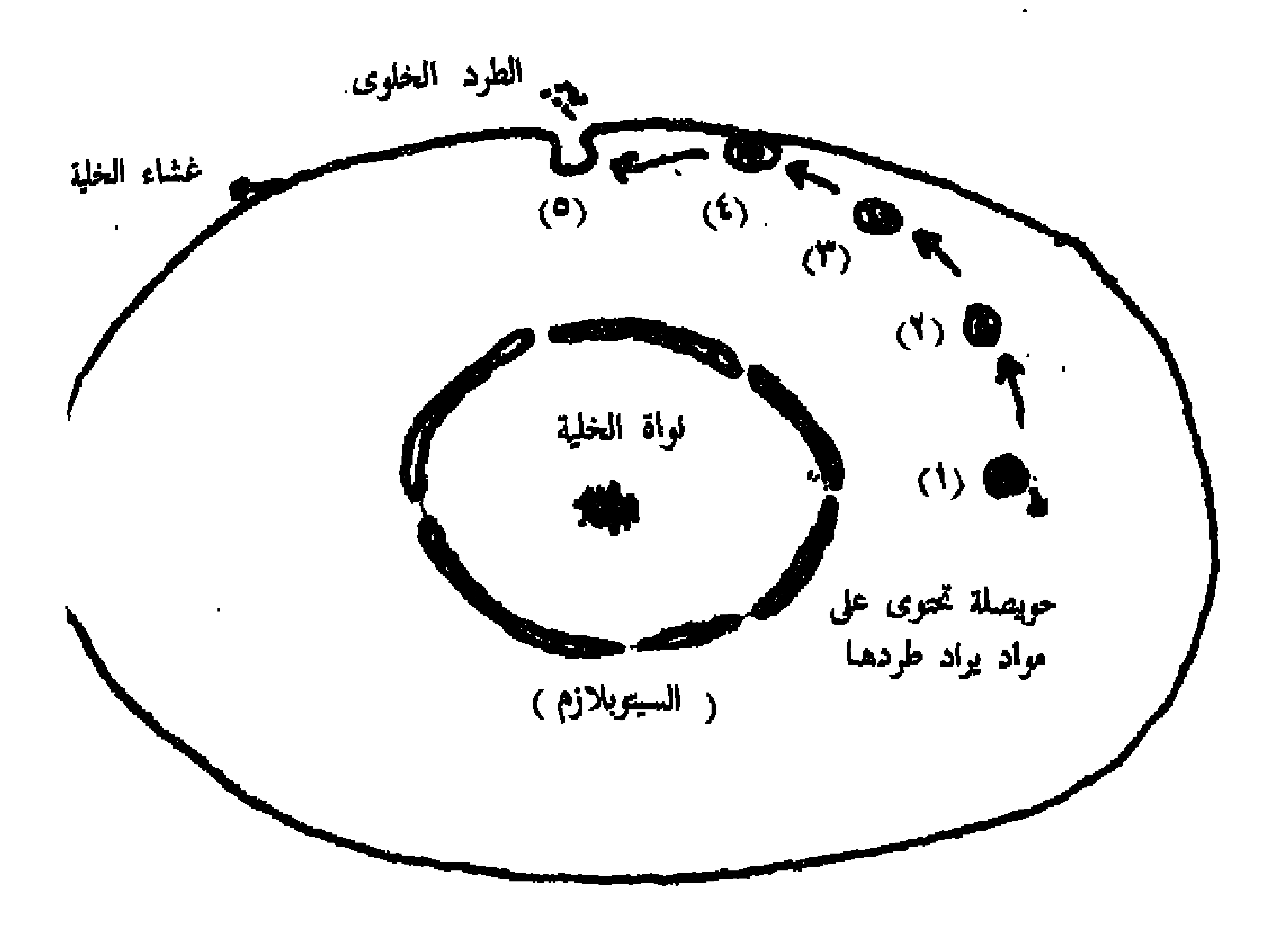
يشتمل إجراء الاستنساخ على دمج خلية جسدية بها نواة مع بويضة منزوعة النواة .ولكن كيف يمكن دمج خليتين معا ؟

إن دارس علوم الأحياء كثيرًا ما يسمع اصطلاح « انقسام خلوى » « Cell Division » ولكنه نادرا ما يسمع اصطلاح اندماج خلوى « Cell Fusion » .

إن إندماج خليتين معا لابد أن يشتمل على اتحاد الغشاءين المحيطين بهما معا .

وهناك أمثلة محدودة لعملية اتحاد الأغشية الخلوية التى تتم بصورة تلقائية فى الحالات السوية ، منها ما تقوم به خلية واحدة ، ومنها اتحاد أغشية خلوية لعدد من الخلايا فى الكائن الحى نفسه أو اتحاد أغشية خلوية من فردين من النوع نفسه .

ومن أمثلة اتحاد أغشية فى الخلية ذاتها معا ، ما يحدث عندما تطرد الخلية بعض محتوياتها المحاطة بغشاء (شكل ١٦) ، والتى تبدو على شكل حويصلات صغيرة – إلى خارج الخلية ، حيث يتحد غشاء



شكل (١٦)

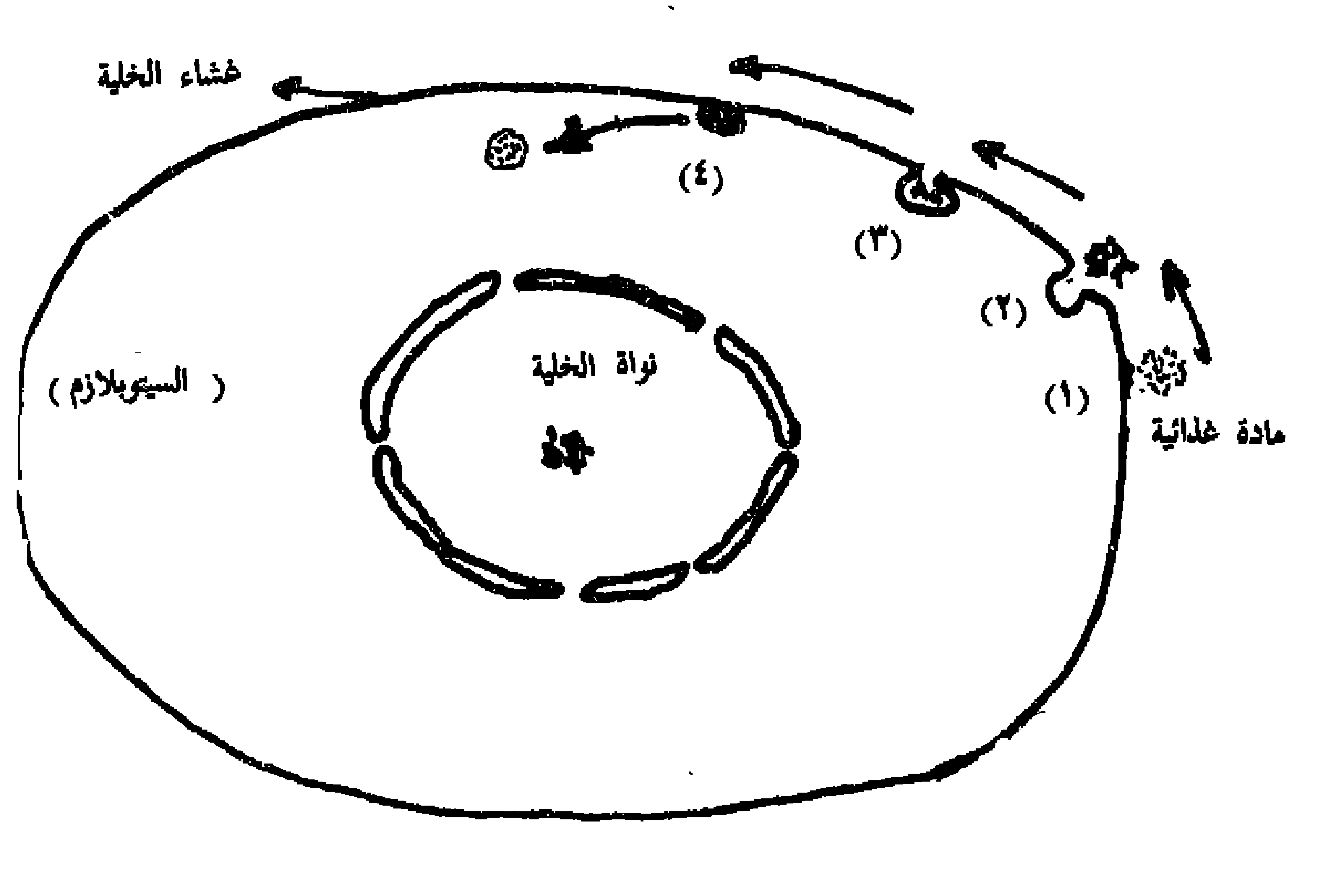
خلية يوضح عليها خطوات الطرد الخلوى

الخطوات من (١) إلى (٣) توضح تحرك حويصلة (محاطه بغشاء وتحتوى على المواد المطلوب طردها) داخل السيتوبلازم واقترابها من الغشاء الخلوى . الخطوة (٤) يلتحم فيها غشاء الحويصلة مع الغشاء الخلوى . الخطوة (٥) توضح حدوث ثقب عند نقطة الالتحام وخروج محتويات الحويصلة إلى خارج الخلية ، دون الأضرار بالخلية ذاتها .

الحويصلة مع الغشاء الخلوى ، ويلى ذلك حدوث ثقب عند نقطة الاتحاد يسمح بلفظ المادة المراد إطلاقها للخارج دون فقد لأية محتويات أخرى فى الخلية ، وتسمى هذه العملية باسم الطرد الخلوى Exocytosis . وهناك عملية عكسية تسمى الابتلاع الخلوى Endocytosis (شكل ١٧) تضمن استحواذ الخلية على مواد موجودة فى الوسط المحيط بها ، وذلك بابتلاعها عن طريق انخفاض الغشاء الخلوى لتكوين منخفض يحيط بالمادة المطلوب احتواؤها ثم يلتحم الغشاء الخلوى عند قمة هذا الانخفاض بعضه ببعض لتصبح المادة المطلوبة داخل الخلية محاطة بجزء من الغشاء الخلوى ، ثم يتحد هذا الغشاء مع غشاء إحدى الليزوسومات (شكل رقم ٣٠) المحتوية على إنزيمات هاضمة لهضم هذه المادة المقتنصة من الوسط المحيط وتستفيد الخلية بذلك من نواتج الهضم .

ومن أمثلة اتحاد أغشية خلوية خاصة بعدد من الخلايا ، ما يحدث عند تكوين الألياف العضلية فى الجنين حيث يتحد عدد من خلايا - يسمى كل منها ميوبلاست Myoblast - معا لتكون فى النهاية ليفة عضلية . كما أن هناك خلايا عضلية نجمية Muscle Satellite Cells تندمج مع الألياف العضلية الإرادية لتزيد أحجامها تحت تأثير التمرينات العضلية المتواصلة ، وقد تندمج هذه الخلايا معا لتساعد فى عملية تجدد الألياف العضلية التالفة .

والنموذج الأخير لاندماج الأغشية الخلوية تلقائيا فى الحالة السوية



شكل (١٧)

خطوات الابتلاع الخلوى

(١) مادة غذائية تقع خارج الخلية

(٣) غشاء الخلية يكوّن منخفض صغير

(٣) فوهة المنخفض تضيق تدريجيا

(٤) التحام الغشاء الخلوى عند فوهة المنخفض

(٥) تحرك الحويصلة المتكونة إلى داخل السيتوبلازم وبداخلها المادة المأخوذة من الوسط الخارجى .

خاص باندماج خلايا من فردين من النوع نفسه ، والمثال المعروف لذلك هو ما يحدث عند الإخصاب من اتحاد بين الحيوان المنوى والبويضة .

إلا أن إحداث اندماج خلوى تحت تأثير خارجى لم يكن معروفًا حتى لاحظ فوكيا وزملاؤه Fukia et al بالصدفة فى عام ١٩٥٥ أن أحد الفيروسات سبب تلاصق خلايا ورم أيرلش Ehrlich tumor cells . وفى عامى ١٩٥٧ ، ١٩٦٢ أعلن أوكادا وآخرون Okada et al من اليابان أن فيروس HVJ يسبب اندماج خلايا هذا النوع من الأورام .

وقد كان الإنجاز المثير فى هذا المجال ما قام به العالمان هاريس ، واتكنز Harris. Watkins من جامعة اكسفورد وأعلناه فى ١٣ فبراير ١٩٦٥ حيث استخدما « فيروس سنداى » Sendai virus فى الحصول على خلايا هجينة ناتجة من التحام خلايا « هيلا » HeLa Cells البشرية مع خلايا من الفأر لورم أيرلش ،وقد أحدث هذا الإنجازالعلمى دويًّا علميًّا ، حيث أنه أنتج خلية هجين من خلية إنسان وخلية فأر ! . وفى عام ١٩٦٦ استطاع هاريس ومعاونوه إجراء دمج بين طرز متعددة من الخلايا منها على سبيل المثال دمج كرية دم حمراء للدجاجة مع خلية « هيلا » HeLa Cell بشرية .

وفى كتاب ألفه هاريس فى عام ١٩٧٠ عن الاندماج الخلوى ،

أوضح عن طريق صور المجهر الألكترونى مراحل ذوبان الأغشية الخلوية المتجاورة باستخدام الفيروسات (شكل ١٨ ، شكل ١٩) حيث يكوِّن كل غشاء بروزات أصبعية الشكل فى منطقة التجاور ، وتلتحم بعض هذه البروزات المتقابلة معا لتكون وصلات عرضية يزداد عددها بالتدريج حتى يتم اندماج الخليتين معا .

وفى هذه التجارب أقترح إضعاف الفيروس المستخدم بواسطة الأشعة فوق البنفسجية أو بمادة بيتا – بروبيولاكتون B-Propiolactone

والواقع أن هذه المعاملات تثبط مادة حمض الريبونيوكليك (ر ن أ) Ribonucleic acid (RNA) التى تكوِّن لب الفيروس ، ولا يؤثر هذا التثبيط على قدرة الفيروس على إحداث الدمج الخلوى . أما ازالة الدهون من الغلاف البروتينى الدهنى للفيروس عن طريق معاملته بالاثير مثلا ، فإنها تؤدى إلى فقدان الفيروس لقدرته على إحداث الدمج الخلوى .

وكما سبق القول فإن « هاريس » ومجموعته استطاعوا عام ١٩٦٦ إدماج كرية دم حمراء لدجاجة مع خلية هيلا البشرية HeLa Cell . ومن المعروف أن نواة كرية الدم الحمراء تكون غير نشطة ، ولذا تبدو داكنة وكثيفة وصغيرة الحجم ، أما عندما أدمجت داخل سيتوبلازم خلية هيلا ، فإنها تصبح أكبر حجمًا وغير كثيفة مما يدل على استعادتها للنشاط تحت تأثير مواد معينة تدفقت إليها من سيتوبلازم خلية هيلا البشرية (شكل رقم ٢٠) ، وهذا يوضح أن هناك تأثيرا من السيتوبلازم



شكل (١٨)

أجزاء من خليتين متجاورتين كما تشاهدان بالمجهر الألكترونى . لاحظ حبيبات الفيروس على الأغشية الخلوية التى تغضنت تمهيدًا لتكوين وصلات بينهما

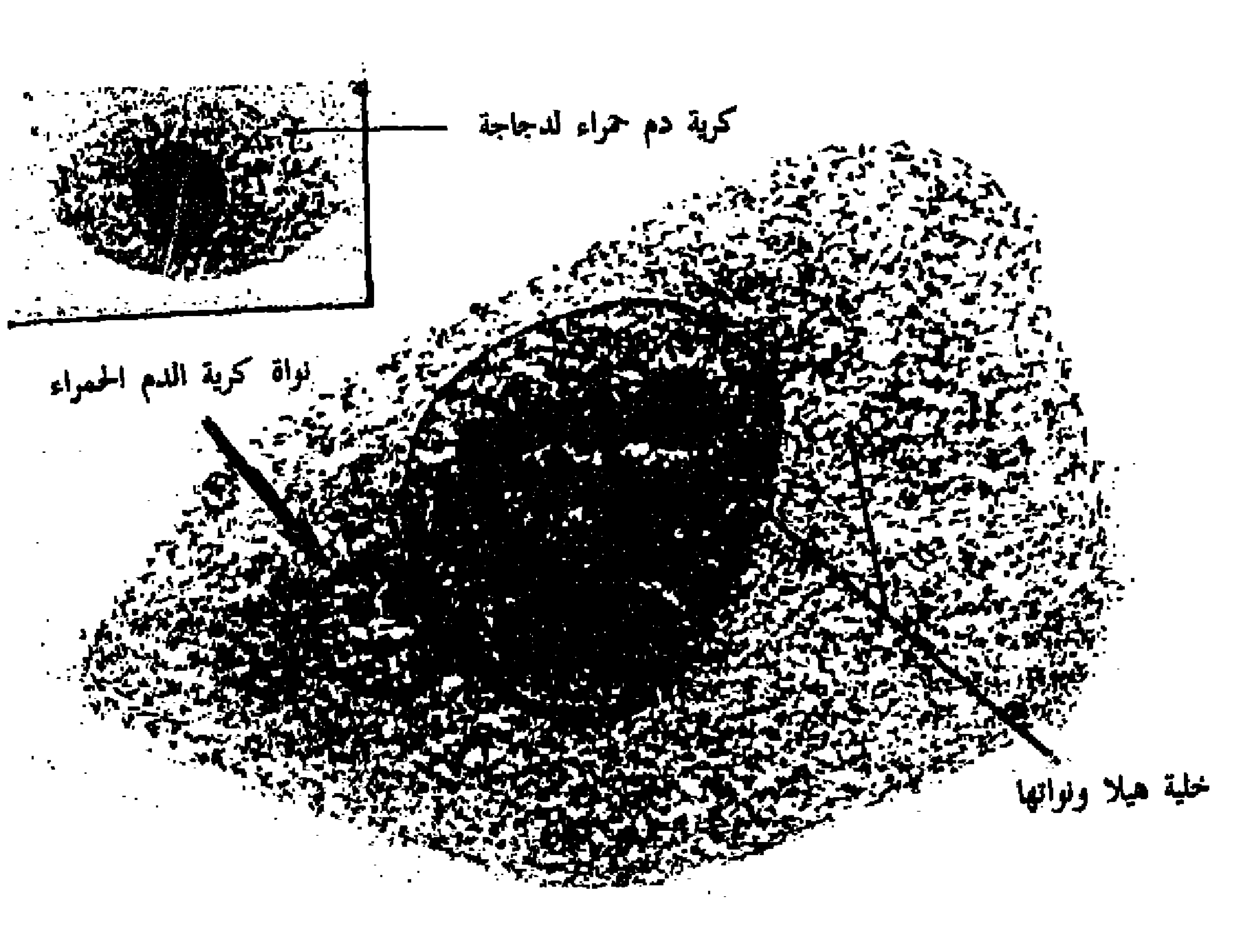


شكل (١٩)

خطوة متقدمة عن الشكل رقم (١٨) حيث تكونت وصلات بين الخليتين تحت تأثير الفيروس تمهيدًا لاندماجهما .

على النواة . وفى تجربة أكثر إثارة تم دمج كرية دم بيضاء بشرية مع خلية كبدية سرطانية للفأر - فكما هو معروف فإن خلايا الكبد تخلق بروتين الألبيومين ، بينما كريات الدم البيضاء لا تقوم بهذه الوظيفة . ولكن بعد إتمام الدمج المشار إليه وتحليل تركيب الألبيومين الناتج عن هذه الخلية الهجين وجد أن جزءًا منه عبارة عن البيومين فأر ، بينما الجزء الآخر البيومين بشرى ، مما يعنى أن كرة الدم البيضاء البشرية أنتجت البيومين بشرى ، ويدل هذا على أن هناك إشارات خاصة انطلقت من سيتوبلازم الخلية الكبدية إلى نواة كرية الدم البيضاء فجعلتها تقوم بتنشيط ما كان كامنًا داخلها من جينات خاصة بآلية إنتاج الألبيومين ، ومن ثم قامت كرية الدم البيضاء البشرية بتخليق الألبيومين ، وهذا يؤكد لنا أن الجينات المتحكمة فى كافة الأنشطة البيولوجية موجودة فى كل خلية من خلايا الجسم حتى المتخصص منها ، ولكن بعضها يكون فى حالة نشاط يناسب الوظيفة المطلوبة من هذه الخلية بذاتها ، والبعض الآخر يكون فى حالة كمون ، ولكن يمكن إعادة تنشيطه . ويتضح مما سبق أن الدمج الخلوى ساعد على معرفة المزيد من العلاقة بين النواة والسيتوبلازم .

وقد أوضح فراى وميخائيل أديدين L. D. Frye and Michael Edidin فى عام ١٩٧٠ أنه بعد إتمام الدمج الخلوى فإن البروتينات الموجودة بالأغشية الخلوية يمكنها التحرك داخل الغشاء ذاته ، مما يؤدى بعد حوالى ٤٠ دقيقة إلى اختلاط بروتينات كل غشاء مع بروتينات الغشاء



شكل (٢٠)

فى الركن العلوى الأيسر كرية دم حمراء لدجاجة – لاحظ أن نواتها كثيفة وصغيرة الحجم وداكنة . الشكل يوضح أيضا خلية هيلا البشرية بنواتها كبيرة الحجم وبجانبها نواة كرية الدم الحمراء لدجاجة وقد أصبحت أكبر حجما وغير كثيفة .

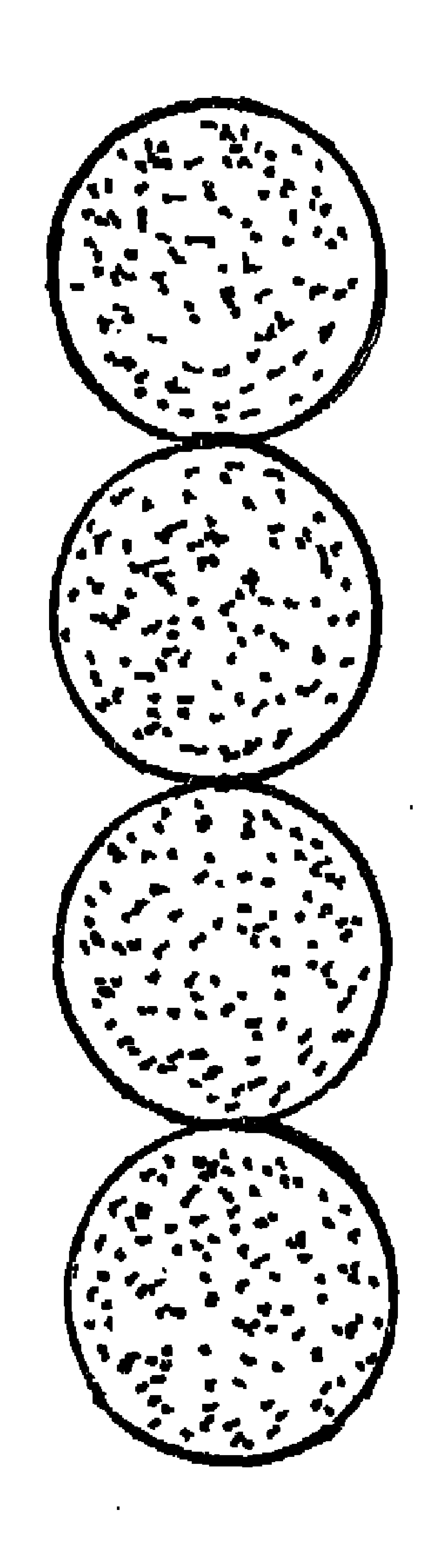
الآخر فتصبح موزعة فى تجانس عبر كل مناطق الغشاء الخلوى للخلية الهجين ، وهذا يؤكد معنى الاندماج الكامل بين الخليتين المندمجتين .

وفى عام ١٩٨١ ابتكر أورلش تزمرمان Urlich Zimmermann وآخرون من ألمانيا الغربية طريقة جديدة لإجراء الاندماج الخلوى ، وقد استخدم بويضات قنفذ البحر فى تجاربه ، حيث قام بتعريضها لمجال كهربى ضعيف غير متجانس low level nonuniform electric field ، وتعرف هذه العملية باسم Dielectrophoresis ، ويؤدى ذلك إلى اصطفاف البويضات كحبات العقد بحيث تكون متلامسة معا (شكل رقم ٢١) - ثم تعرض البويضات لتيار كهربى عالى الفولتية لفترة قصيرة جدا ، على أن تعامل الخلايا بتركيز معين من أنزيم برونيز Pronase أو إنزيم نيورامينديز Neuraminidase ، مما يؤدى إلى تكسر الأغشية الخلوية عند نقطة التلامس ، ثم اندماج الخلايا معا ، ومنذ ذلك الحين أصبح التيار الكهربائى هو أحد وسائل دمج الخلايا بعضها ببعض .

ومع استمرار المحاولات المختلفة للعلماء ، تم التوصل إلى بعض المواد الكيميائية التى تعمل على اندماج الخلايا مع بعضها البعض ، ومن أمثلة هذه المواد

Polyethylene glycol - Lysolecithin - Glycerol monooleate

وقد تم الاستفادة من الدمج الخلوى فى إنتاج أجسام مضادة وحيدة



شكل (٢١)

بويضات قنفذ البحر تصطف متلاصقة كحبات العقد تحت تأثير التيار الكهربى والمعالجة بإنزيم بروناز وذلك تمهيدًا لاندماجها معًا

المنشأ Monoclonal antibodies ، حيث تم توظيف خلايا لمفية لإنتاج نوع واحد من الأجسام المضادة على درجة عالية من النقاوة على أن تبقى هذه الخلايا حية . وتفصيل ذلك أنه عندما يراد الحصول على جسم مضاد ضد أنتيجين معين ، فإنه يتم حقن الفأر بالأنتيجين (سواء كان مركبا كيميائيا أو خلايا) ، ثم تؤخذ الخلايا اللمفاوية من الطحال وتزرع فى أطباق لاستنساخها والحصول منها على الجسم المضاد المعين والذى تقوم بإفرازه نتيجة هذا الحقن . وتكمن المشكلة فى قصر أعمار هذه الخلايا . وللتغلب على هذه العقبة ابتكر العالمان ميلستاين وكوهلر Cesar Milstein and George Kohler ، من جامعة كمبردج فى عام ١٩٧٥ تقنية فذة للتغلب على هذه المشكلة وذلك بعمل دمج بين هذه الخلايا اللمفاوية وخلايا لمفية ورمية Malignant Myeloma Cells من الفأر تتميز بأنها لا تموت إذا زرعت فى المحاليل العادية ، فنتج عن ذلك خلايا هجين (خليط) Hybrid Cells اكتسبت الصفتين ، ويطلق عليها اسم Hybridomas ، وهى تقوم بإنتاج الجسم المضاد المطلوب وتتكاثر وتعمر دون أن تموت . وقد حصل هذان العالمان على جائزة نوبل فى الطب والفسيولوجيا فى عام ١٩٨٤ تقديرًا لهذا العمل . وقد نشر ميلستاين عام ١٩٨٠ هذا البحث الذى يعتبر من أهم الإنجازات فى تاريخ علم المناعة فى المجلة الأمريكية العلمية Scientific American ، وقد أفاد هذا الإنجاز فى مقاومة الكثير من الأمراض ، وكذلك فى إجراء بحوث فى المناعة . والذى يعنينا هنا أنه لولا تقنية الدمج الخلوى ما أمكن الوصول إلى هذا الإنجاز فى علم المناعة .

ومن ناحية أخرى فقد تم الاستفادة من الدمج الخلوى فى دفع مادة الكروماتين فى نواة خلية فى المرحلة البينية للتحول من حالة التفكك Dispersion إلى حالة التكثف Condensation وبهذا يمكن رؤية الكروموسومات فى فترة المرحلة البينية . وتعتمد هذه الطريقة على إجراء دمج بين خلية فى المرحلة البينية مع خلية فى حالة انقسام غير مباشر باستخدام « فيروس سنداى » المعامل بالأشعة فوق البنفسجية ، وقد أدى ذلك إلى تكثف كروماتين الخلية التى فى المرحلة البينية فى موعد مبكر قبل حلول مرحلة الانقسام الخلوى لها – ويطلق على هذا التحول « تكثف كروماتينى مبكر » Premature Chromatin Condensation (PCC) وقد ابتكر هذه الطريقة « جونسون ، رو » Johnson & Rao من جامعة كلورادو عام ١٩٧٠ .

وبهذه الطريقة أمكن مشاهدة كروموسوم الفترة (G_1) من الدورة الخلوية وهو يتكون من كروماتيد واحد وكذلك أمكن مشاهدة كروموسوم الفترة (G_2) وهو يتكون من كروماتيدين .

وقد كان للدمج الخلوى تطبيقات هامة فى مجال النباتات . كما أنه ساعد فى دراسة تأثير السيتوبلازم على نشاط النواة .

وقد يبدو للقارئ أننا ابتعدنا عن موضوع الاستنساخ ، ولكن واقع الأمر غير ذلك .

فإجراء الاستنساخ – كما سبق القول – اعتمد على دمج خلية جسمية

بها نواتها مع بويضة منزوعة النواة . ولو لم يكن تم ابتكار تقنية دمج الخلايا تجريبيا ما أمكن إجراء الاستنساخ .

وفى تجارب الاستنساخ كان ويلموت وزملاؤه يجرون عملية إدماج الخليتين معا باستخدام التيار الكهربى ، وقد تم ذلك على مرحلتين أولاهما لتنشيط البويضة ، وفيها استخدمت نبضة تيار متقطع (AC) شدتها ١,٢٥ كيلو فولت/ سم$^{-١}$ لمدة ٨٠ ميكرو ثانية (الميكرو = جزء من المليون) . وفى المرحلة الثانية لإجراء عملية الاندماج الخلوى استخدمت نبضة تيار متقطع (AC) قوته ٣ فولت لمدة خمس ثوان ثم ثلاث نبضات من تيار مباشر (DC) شدته ١,٢٥ كيلو فولت/ سم$^{-١}$ لمدة ٨٠ ميكرو ثانية .

الفصل السادس

تجارب الاستنساخ على الضفادع

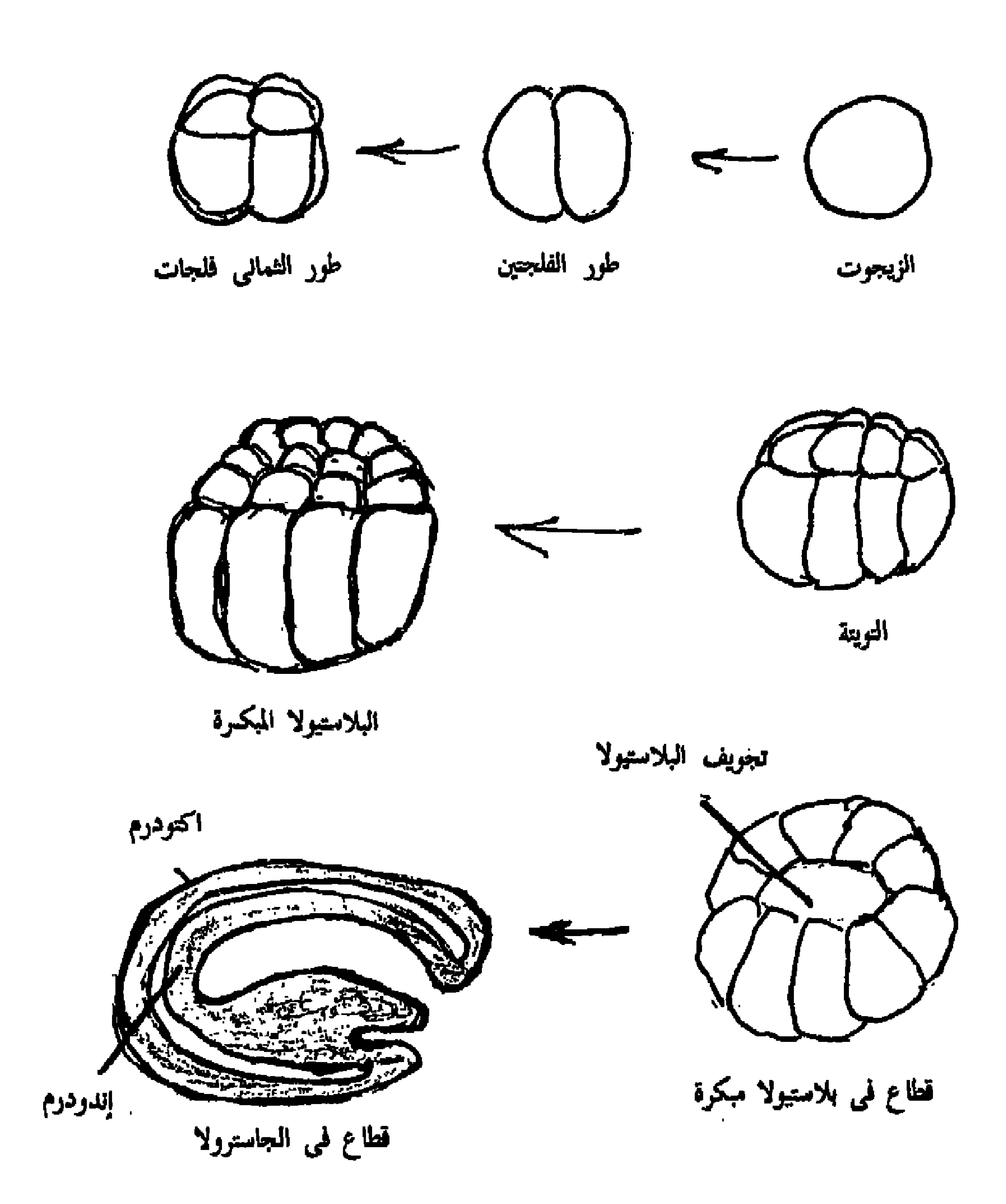
إن البدايات الحقيقية لتجارب الاستنساخ تم إجراؤها على مدى الخمسينيات والستينيات والسبعينيات من هذا القرن ، وقد أجرى معظمها على حيوانات تتبع رتبة البرمائيات مثل الضفادع ، وذلك لسهولة إجراء التجارب عليها ولكبر حجم بويضاتها ، إلا أن تجارب نقل النواة Nuclear Transfer بدأت قبل ذلك بسنوات طويلة ، وقد تم معظمها على اللافقاريات وعلى الحيوانات الأولية أى تلك التى يتكون بنيانها من خلية واحدة ، أذكر من ذلك ما قام به هارفى : E. B. Harvey فى عام ١٩٣٦ على بويضات القنافذ ، وما قام به كوماندون وفونبرون Commandon and Fonbrune عام ١٩٣٩ ، وكذلك لورتش ودانيللى Lorch And Danielli فى عام ١٩٥٠ على الأميبا ، والتجارب التى أجراها تارتار V.Tartar فى عام ١٩٥٣ على الحيوان الأولى ستنتور Stentor .

ومن المهم أن نُذكِّر هنا فى عجالة بمراحل تكوين الجنين (شكل رقم ٢٢) فالزيجوت عندما يتفلج بانقسامات متتالية يصل إلى جنين يسمى « توتيه » Morula ، وهو كتلة مصمتة تتكون من عدد

من الخلايا تسمى « فلجات » . وتستمر عملية الانقسام الخلوى وترتب الخلايا الناتجة نفسها على شكل كرة تحتوى على تجويف داخلى – ويطلق على هذا الطور اسم بلاستيولا Blastula ، وفى مرحلة تالية يحدث إنخسـاف لهذه الكرة فتكون تركيبا أشبه بالفنجان ، يتكون جداره من طبقتين من الخـلايا . ويسمى هذا الطور جاسترولا Gastrula . وتعرف الطبقة الخارجية من جسم الجاسترولا باسم « اكتودرم » ، بينما تسمى الطبقة الداخلية لها باسم « اندودرم » .

وبعد هذا الطور تبدأ الأعضاء والأنسجة الجنينية فى الظهور تدريجيا . وفى حالة الضفادع يؤدى النمو الجنينى إلى طور يرقى يسمى « أبا ذنيبة » ، وهو الذى نراه يسبح فى مياه الترع باستخدام ذيله ، ثم يتحور أبو ذنيبة إلى الضفدع اليافع الذى يعيش على اليابسة بصورة أساسية .

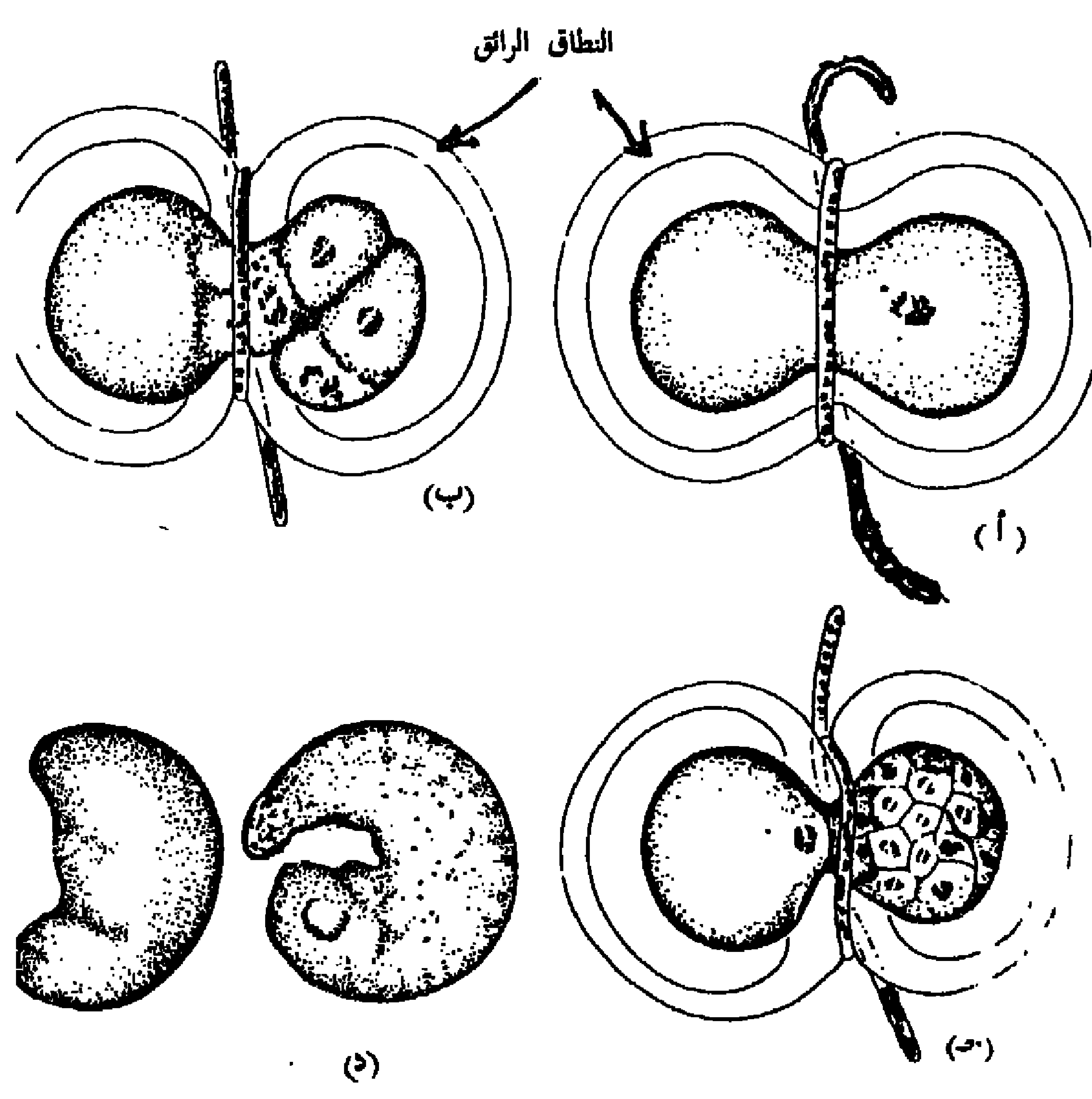
ومن أشهر التجارب المبكرة التى أجريت على الضفادع ما أجراه سبيمان Spemann فى عام ١٩٢٨ على الجنين المبكر للضفدع . فكما سبق القول أنه عقب الاخصاب يتفلج الزيجوت فى سلسلة متتابعة من الانقسامات غير المباشرة ليعطى عددًا من الخلايا تسمى فلجات » . وكان السؤال الذى وضعه سبيمان أمامه هل أنوية الفلجات الناتجة لها نفس القدرة « كنواة » الزيجوت ذاته ، بحيث



شكل (٢٢)
المراحل الأولى لتكوين جنين الضفدع

أنها يمكن أن تعطى كافة أنسجة الجسم ، أم أنها تصبح متميزة فى وقت مبكر بحيث لا يستطيع أى منها إلا إعطاء جزء معين أو تراكيب معينة فى الجسم ؟ . وللإجابة على هذا السؤال قام سبيمان بعمل اختناق وسطى فى زيجوت حيوان يشبه الضفدع يسمى « نيوت » باستخدام أنشوطة رفيعة بحيث تكون نواة الزيجوت موجودة فى أحد فصى الزيجوت (شكل رقم ٢٣) . والذى حدث أن الفص المحتوى على النواة تفلج ، بينما الفص الآخر لم يتفلج . وعندما وصل الفص الأول إلى طور الست عشرة فلجة تم إرخاء الأنشوطة بحيث سمح لنواة من الفص المتفلج بأن تنزلق إلى الفص غير المتفلج ، فبدأ هذا الفص فى التفلج أيضا . وفى النهاية أعطى كل فص جنينا مستقلاً . ولكن لوحظ أن الجنين الناتج عن الفص الذى أعطى تفلجا متأخرا كان أقل نضوجا . ويستدل من هذه التجربة أن نواة جنين الست عشرة فلجة لها القدرة على إعطاء جنين كامل مما يعنى أنها لم تتميز بعد .

وتعتبر تجربة « برجز وكنج » Briggs and King – من فلادليفيا – فى عام ١٩٥٢ هى أول محاولة لإجراء نقل النواة فى الفقاريات ، فقد قام هذان العالمان بأخذ نواة خلية من جنين فى طور البلاستيولا المتأخر أو طور الجاسترولا لحيوان يشبه الضفدع هو الرانا Rana pipiens وقاما بحقنها فى البويضة المنزوعة النواة . والذى حدث أن هذه البويضات تفلجت وأعطت أطوار البلاستيولا والجاسترولا



شكل (٢٣)

تجربة « سيمان » على زيجوت النيوت

(أ) أنشوطة تقسم الزيجوت إلى فصين

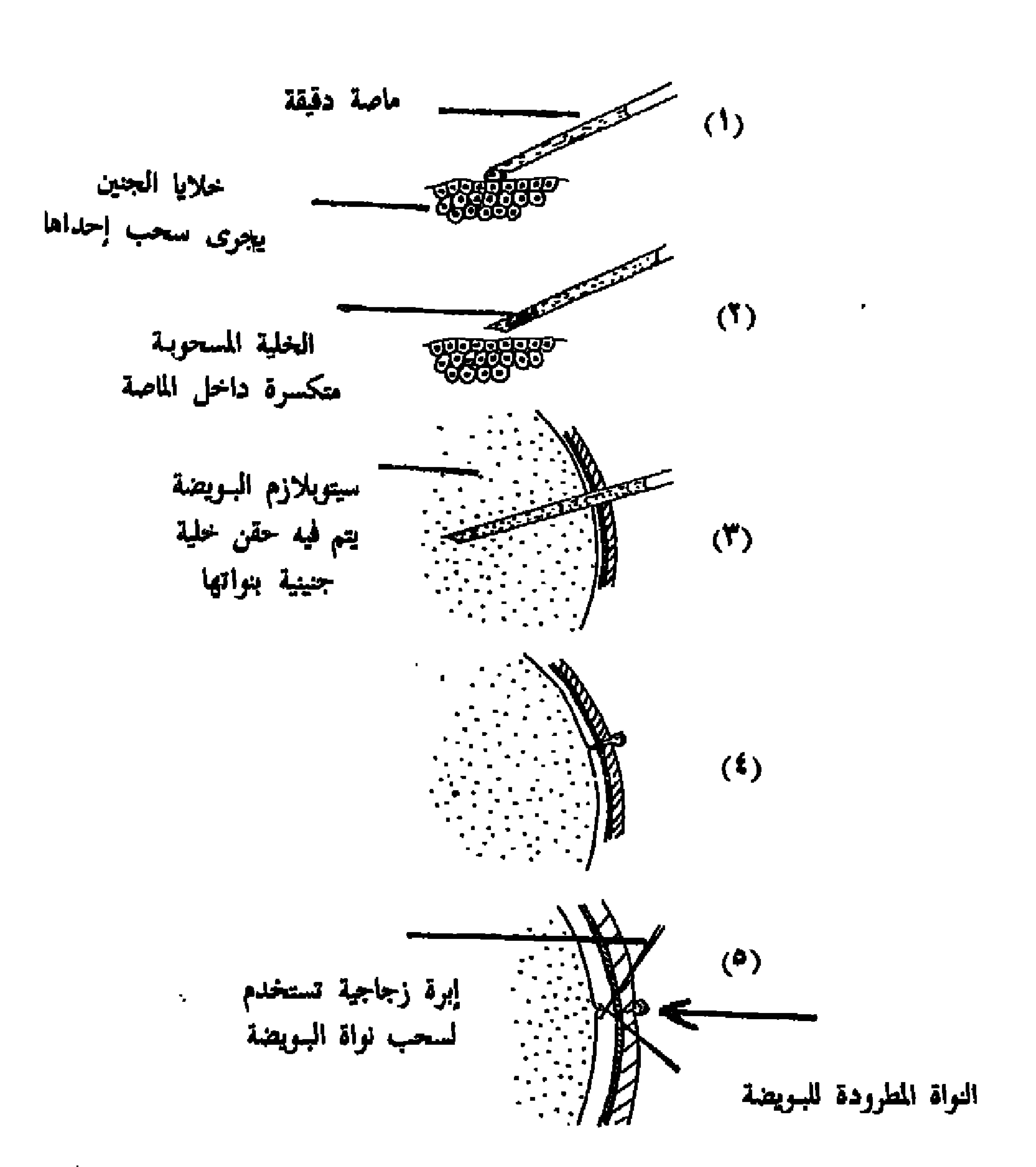
(ب) الفص الذى به النواة يتفلج

(جـ) السماح لنواة من الفص المتفلج بأن تعبر إلى الفص الخالى من الأنوية

(د) الفص الذى استقبل النواة فى مرحلة متأخرة يتفلج هو الآخر ويعطى جنينا ولكن أقل نضجًا .

وكذلك أعطى بعضها يرقة أبى ذنيبة ، وهذا يعنى أنه من أنوية خلايا جنين تمكن برجز وكنج من استنساخ عدد من يرقات أبى ذنيبة .
وقد لقت التقنية التى اتبعها « برجز وكنج » فى أخذ نواة خلية الجنين وإدخالها إلى البويضة قبولاً حسناً لدى المهتمين بهذه التجارب حيث اتبعها كثير من الباحثين بعد ذلك (شكل رقم ٢٤) ، وفى هذه التقنية تستخدم ماصة دقيقة يقل القطر الداخلى لقناتها قليلا عن قطر الخلية المسحوبة بما يؤدى إلى تحطم الخلية داخل الماصة ، وبذا تكون النواة لا زالت محاطة بسيتوبلازم الخلية ، وقد قال العالمان بأن نجاح هذه التجربة يعتمد على تحطيم الخلية المسحوبة دون فقد للسيتوبلازم المحيط بالنواة . ثم تحقن هذه الخلية المتحطمة بنواتها داخل البويضة بواسطة هذه الماصة الدقيقة . أما نزع نواة البويضة فيتم عن طريق سحبها باستخدام إبرتين زجاجيتين .

وفى جامعة انديانا بالولايات المتحدة الأمريكية قام سيجنوريت وآخرون Signoret et al فى عام ١٩٦٢ بتجربة نقل نواة إحدى خلايا طور البلاستيولا إلى بويضة حيوان Axolotl من البرمائيات ، وقد أفادت تجاربهم أن نجاح تجارب نقل النواة تستلزم تنشيط البويضة باستخدام صدمة حرارية عند درجة ٣٥مْ لمدة خمس دقائق وتدمير نواة البويضة باستخدام الأشعة فوق البنفسيجة ثم نقل النواة بعد الصدمة الكهربية تتراوح بين ساعتين إلى أربع ساعات . وللتحقق من نجاح نقل .. ، تم نقل أنوية لحيوانات تحمل صفة تبقع الجلد باللون الأسود ،



شكل (٢٤)

خطوات سحب خلية من خلايا الجنين (١ ، ٢) وحقنها فى البويضة (٣) وسحب نواة البويضة (٤ ، ٥) باستخدام إبرتين زجاجتين

وهى صفة سائدة (D) ، إلى بويضات منزوعة النواة من إناث جلدها أبيض (dd) وهى صفة متنحية ، عندئذ تكونت يرقات جلدها متبقعًا باللون الأسود وهى صفة أخذت من نواة الخلية المنقولة . وهذا يعنى نجاح عملية نقل النواة ، وأن جينات هذه النواة عبرت عن نفسها فى اليرقات الناتجة .ومن المهم أن نذكر أن ٧٧٪ من تجارب النقل أدى إلى تكوين طور البلاستيولا –وأن ٦٠٪ من أعداد هذ الطور الجنينى وصلت إلى طور بداية تكوين الجهاز العصبى .

وفى عام ١٩٦٥ قام سمث L. D. Smith من جامعة أنديانا بتجارب نقل النواة على الحيوان البرمائى المسمى « رانا » **Rana pipiens** ، وهدف منها إلى مقارنة قدرة أنوية الخلايا التناسلية الأولية للجنين مع قدرة أنوية خلايا اندودرم الجنين ، وقد اتضح من هذه التجارب أن نقل أنوية الخلايا التناسلية الأولية إلى البويضات أدي فى ٤٣٪ من الحالات إلى مرحلة تفلج الجنين ، وأن ٤٠٪ من هذه الأخيرة استكمل عمليات التكوين حتى طور أبى ذنيبة . أما استخدام خلايا اندودرم الجنين فقد أدى فى ١٨٪ فقط من الحالات إلى تفلج الجنين ولم يستكمل أى منها تكوينه بصورة طبيعية . ويتضح من ذلك بجلاء أن لأنوية الخلايا التناسلية الأولية قدرة أكبر على توجيه التكوين الجنينى عن تلك التى للخلايا الإندودرمية .

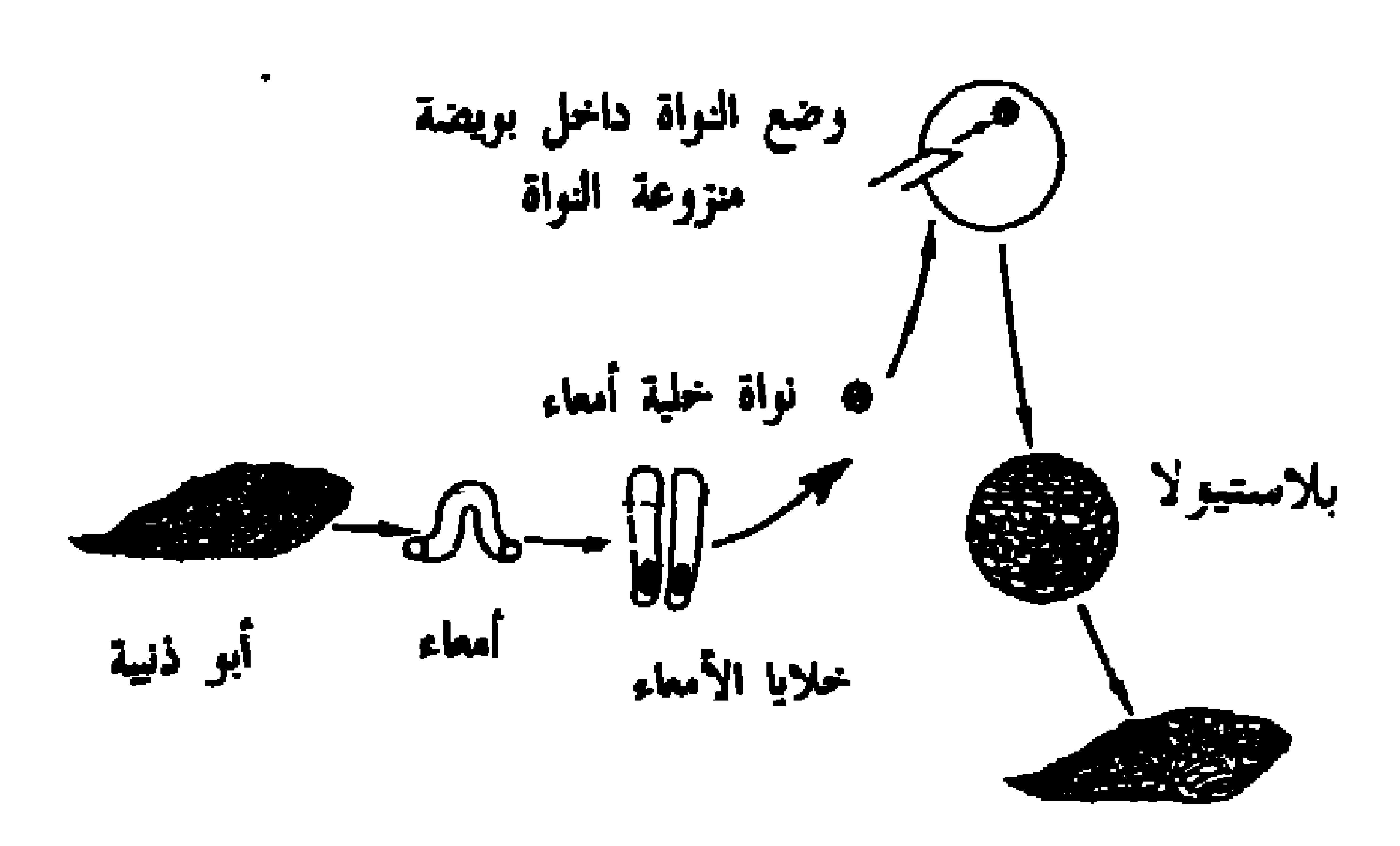
وفى عام ١٩٧١ قام « دى برار دينو وهوفنر » di Berardino and Hoffner من كلية الطب فى بنسلفانيا باستكشاف مدى قدرة أنوية

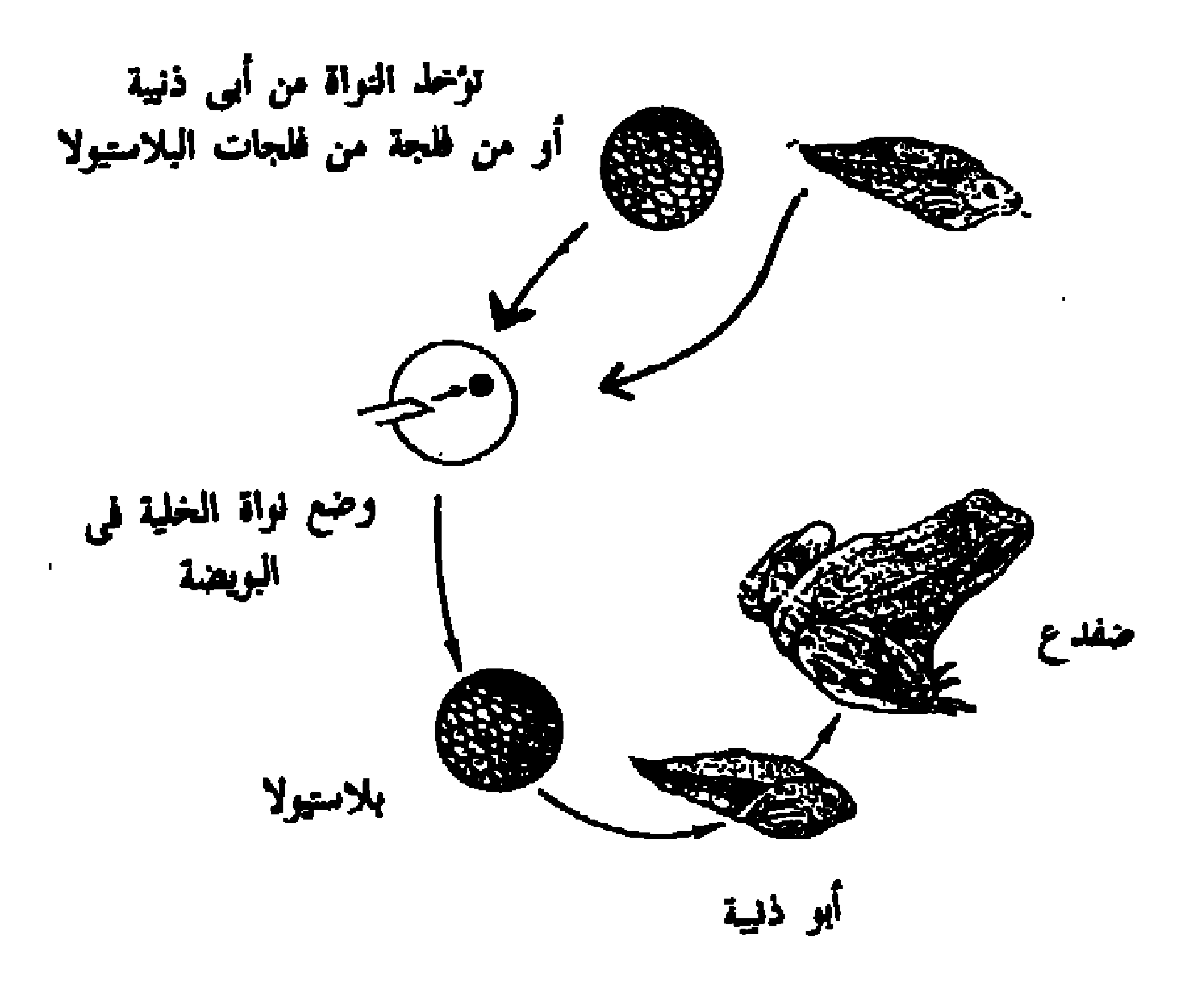
خلايا أمهات المنى – التى تتكون منها الحيوانات المنوية –للضفادع اليافعة من جنس رانا **Rana pipiens** على توجيه التكوين الجنينى ، وأوضحت الدراسة أن ١٣٪ من الحالات فقط وصلت إلى طور البلاستيولا ، وأن حالة واحدة وصلت إلى طور أبى ذنيبة .

وكان الفضل للعالم « جردون » J.B.Gurdon من قسم علم الحيوان فى جامعة أكسفورد فى استخدام أنوية (خلايا متميزة) فى عمليات النقل فى حالة الحيوانات البرمائية . ففى عام ١٩٦٢ قام بنقل أنوية الخلايا الطلائية لأمعاء أبى ذنيبة لحيوان ذينوباس **Xenopus laevis** إلى بويضات منزوعة النواة . ونتج عن هذه المحاولة ١٠ أبى ذنيبة من إجمالى ٧٢٦ محاولة (شكل ٢٥) .

وفى العام نفسه (١٩٦٢) استطاع « جردون » الحصول على ضفدع ذينوباس يافع من نقل نواة خلية من جنين فى طور البلاستيولا أو من خلية جسمية من أبى ذنيبة ، فكان بذلك أول من حصل على حيوان فقارى يافع ، ولكن من أنوية خلايا أجنة أو من أنوية خلايا طور يرقى هو أبو ذنيبة (شكل ٢٥) .

وفى عام ١٩٦٦ تمكن « جردون » من الحصول على ضفدع بالغ خصيب من نوع ذينوباس ليفز **Xenopus laevis** من نقل نواة خلية من أمعاء أبى ذنيبة إلى بويضة نزعت نواتها عن طريق معاملتها بالأشعة فوق البنفسجية .





شكل (٢٥)

تجارب « جردون » فى نقل الأنوية على الضفادع التى أجراها فى عام ١٩٦٢

وفى عام ١٩٦٥ قام « كنج ، دى براردينو » J - King and M. di Berardino وباستخدام أنوية من خلايا سرطان كلوى أولى أو من خلايا سرطان كلوى أولى مزروع فى الحجرة الأمامية لعين الضفدع ، أو من خلايا هذا السرطان مزروعة في أطباق زجاجية ، وكان أقصى ما وصل إليه الباحثان من هذه التجارب هو يرقات غير طبيعية التكوين لأبى ذنيبة ، بل أن أنوية الخلايا السوية للكلى كانت أقل من حيث قدرتها على توجيه التكوين الجنينى !

وقد لجأ بعض الباحثين إلى ما سمى « الزرع النووى المتسلسل » Serial nuclear transplantation ، وفى هذه الطريقة فإن الأنوية بدلا من أن تؤخذ من جنين نتج من بويضة مخصبة ، فإنها تؤخذ من جنين هو نفسه نتج بطريقة « نقل النواة » . وتسمى الأجنة التى تنتج من نواة جنين نتج بالإخصاب الطبيعى « أجنة النقل الأول » First-transfer embryos ، بينما الجيل الناتج عن أجنة النقل الأول يكوّن ما يسمى « جيل النقل المتسلسل الأول » First serial transfer generation والذى منه يمكن الحصول على جيل النقل المتسلسل الثانى وهكذا .

وفى عام ١٩٧٣ تمكن « كوبيل وزملاؤه » Kobel et al من جامعة جنيف من الحصول على ضفدع يافع خصيب من نقل نواة من خلايا جنين فى طور البلاستيولا إلى بويضة أتلفت نواتها باستخدام الأشعة فوق البنفسجية . وكذلك حصلوا على ضفدع يافع خصيب

وفى الوثيقة الواعية التى قدمها الأستاذ الدكتور كمال الجنزورى رئيس مجلس الوزراء فى ١٥ مارس ١٩٩٧ ، بعنوان « مصر والقرن الحادى والعشرون » ، وضع الخطوط العريضة لسياسة البحث العلمى والتكنولوجيا فى مصر ، ومن ذلك « إعطاء أولوية خاصة للتعامل والانتفاع بالتكنولوجيا العالية المتقدمة والبازغة ، والمتوقع أن يكون لها أكبر الأثر فى تغيير العالم فى القرن الحادى والعشرين مثل المعلوماتية ، والهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية والتكنولوجيا البحرية والصحراوية ، وتكنولوجيا الفضاء والمواد الجديدة والمتجددة ، وتكنولوجيا الدواء » .

وهكذا تبدو مصر شابة ومتجددة فى فكرها وعملها ، وهى تتجه نحو المستقبل بثقة . وبإذن الله سيحقق الإصرار على العمل التعليمى والعلمى المخطط – رغم طول الطريق ووعورته – طموحات وآمال شعبنا ، ويصل بمصر إلى الارتقاء بقيادة الرئيس محمد حسنى مبارك .

الفصل الثامن

مستقبل الاستنساخ

يتضح من استعراض الفصول السابقة أن نجاح ويلموت وزملائه فى إنتاج النعجة « دوللى » بالاستنساخ لم يحدث وليد الصدفة ، أو أنه عمل غير متوقع — ذلك أن العديد من العلماء كما رأينا حاولوا ذلك على مدى عشرات السنين ، وقد حقق كل منهم بعض النجاح وبعض الفشل . وبفضل الإصرار ، والمزيد من التجارب المعملية جيدة التخطيط ، والاطلاع على جهود العلماء والآخرين ، أمكن الوصول إلى الهدف ، وإن كان لا زال الطريق طويلاً حتى يمكن السيطرة على تقنية الاستنساخ بصورة مرضية ، إن نجاح الاستنساخ وراءه طابور طويل من العلماء الذين اجتهدوا وثابروا لاكتشاف بعض النواميس التى نظمها الخالق عز وجل ، ولعل متابعة الفصول من الرابع إلى السابع من « الإستنساخ .. القصة كاملة » يوضح لنا أن تتابع جهود العلماء وتراكم خبراتهم هو الذى يؤدى إلى الاكتشافات الكبرى فى العصر الحديث ، لقد رأينا فى هذه العجالة أن الاستنساخ ارتبط باكتشافات سابقة لعلماء عظام فى مجالات مختلفة منها على سبيل المثال طبيعة الدور الذى تلعبه نواة الخلية ، وما فيها من حمض

(DNA) ، وطبيعة الدورة الخلوية ، وكيفية التأثير عليها ، وآلية تنفيذ الدمج الخلوى ، وكذلك رأينا محاولات للاستنساخ قام بها علماء آخرون . أنه لولا الجهود السابقة لهؤلاء العلماء ما استطاع ويلموت وزملاؤه تحقيق إنجازهم ، وتلك طبيعة التقدم العلمي . ويقول البعض : إن مجىء « دوللى » كان مصادفة ! وأغلب الظن أن من يقول ذلك لا يعرف هذا الطابور الطويل من العلماء الذين حاولوا منذ أوائل الخمسينيات تحقيق هذا الهدف ، والذين أشرت إلى بعضهم فقط فى هذا الكتاب ، وقول هذا البعض كمثل القول بأن وقع أقدام الأمريكى نيل ألدن أرمسترونج « Neil Alden Armstrong » على سطح القمر فى ٢٠ يوليو ١٩٦٩ كان محض مصادفة !! .

وقد تعددت الرؤى والأفكار والطموحات حول عوائد الاستنساخ ، فيقول بعض العلماء المؤيدين للاستنساخ أن شيوع هذه التقنية سيمكن الزوجين العقيمين من الحصول على طفل صفاته الوراثية مستمدة من نواة خلية جسدية للزوج . بينما تقوم الزوجة بحمله جنينا بعد أخذ بويضة منزوعة النواة من سيدة مجهولة ، لزرع النواة فيها . ويضيف هؤلاء قائلين : إن هذا الأسلوب يغنى عن شيوع ظاهرة التبنى التى يضطر إليها هذان الزوجان العقيمان . أما إذا لم تكن الزوجة عقيمة ، فعندئذ يمكن استعمال إحدى بويضاتها وبذلك يصبح الأمر مقبولا أكثر من الناحية الشكلية ، ولكن هل الناتج هنا يعتبر توأما للزوج أم ابنا ؟ وما هى حدود علاقته الشرعية بالزوجة ؟

أما فكرة استنساخ الموتى فهى تعتمد على حقيقة أنه ثبت أن المادة الوراثية بالخلايا لا يصيبها التلف بعد الوفاة — حيث أنها تحتفظ بخصائصها التى كانت تميز الفرد وهو حى .. وقد أجريت أبحاث فى معامل أوروبا وأمريكا فى هذا الصدد على المادة الوراثية المأخوذة من مومياوات بعض فراعنة مصر العظام بغرض اكتشاف صلات القربى بينهم عن طريق التحليل الوراثى ، كما أجريت نفس الدراسات على رفات بعض أفراد عائلات القياصرة فى روسيا . وفكرة استنساخ الموتى اعتمدت على القيام بحقن المادة الوراثية من خلية الشخص الميت فى بويضة حية منزوعة النواة مأخوذة من امرأة تعيش بيننا ، أو من بويضة مجمدة لامرأة توفيت منذ سنوات !! . وبالطبع فإن استنساخ الموتى لازال مجرد فكرة لا تطبق إلا فى خيال مخرجى السينما . ولعلنا نذكر فيلم حديقة الديناصورات The Jurassic Park الذى عرض فى القاهرة منذ سنوات قليله ولكن يمكن القول : إن إدخال نواة من خلية حية وبكل محتوياتها إلى البويضة شيء ، أما حقن الحمض النووى فقط فى البويضة فهو شيء آخر . ومن ناحية أخرى قرأنا فى الصحف عن بعض المشاهير والأغنياء من رجال الأعمال يودون استنساخ أنفسهم وذلك طمعا فى امتداد فرصة استمتاعهم بحياتهم على سطح الأرض !! .

وقد استطالت أمام المسئولين فى معهد روزلين فى أدنبرة قائمة أسماء الراغبين فى مساعدة المعهد لهم لحاجتهم إلى إجراء عمليات الاستنساخ ، ومن هؤلاء أذكر والِدَىْ فتاة عمرها ست سنوات ومصابة

بسرطان الدم وتحتاج إلى زرع نخاع عظم ، ومشكلة زرع النخاع تكمن فى رفض الجسم للنخاع الغريب – ولو كان القدر مَنَّ على هذه الفتاة بتوأم لتم أخذ بعض النخاع من هذا التوأم ونقله إلى أخته المريضة هذه ، وعندئذ لن يرفض الجسم هذا النخاع – ولكن مادام ذلك أمرا لم يرد ، فقد طلب والدا الفتاة من معهد روزلين القيام باستنساخ ابنتهما المريضة هذه بغرض استخدام بعض نخاع عظام الوافدة الجديدة فى إنقاذ الطفلة – وبذا سيكون لدى الأبوين طفلتان سليمتان بدلا من طفلة واحدة مريضة ومهددة بالموت .

وفى هذا الصدد فإننى أقول : إنه علينا أن نميز بين الاستنساخ بغرض إعلاء قيمة « الأنا Ego » ، وذلك بتحقيق رغبة شخص ما فى تخليد ذاته ، وهو ما يصح تسميته « الاستنساخ الأنانى Ego Clone وبين ذلك الاستنساخ المطلوب لأغراض طبية ، وهو ما يصح أن نسميه « الاستنساخ الطبى Medical Clone » .

وقد أوضحت « روث ماكلين » « Ruth Macklin من كلية البرت أينشتاين للطب فى نيويورك أنه من الضرورى أن نميز بين الاستنساخ على المستوى الخلوى للأغراض البحثية والاستنساخ للحصول على كائن بشرى ، فالأول لا يثير أية اعتراضات من تلك التى أُثيرت ضد الثانى ، كما أن نسخ الأنسجة Tissue Cloning يلقى معارضة أقل من تلك التى تواجه نسخ الآدميين – وفى هذا الاتجاه تتجه الآمال إلى

القدرة على إيجاد أعضاء بديلة كالجلد إذا كانت قد أصابته حروق شديدة ، ودون اللجوء إلى استنساخ فرد كامل .

وقد أشار البعض بأن الاستنساخ يمكن أن يزود العلماء بنماذج حيوانية ذات أمراض بشرية معينة ، مما يمكن العلماء من إجراء دراسات عليها بهدف التوصل لعلاج الإنسان من هذه الأمراض .

كما أن استمرار تجارب الاستنساخ ومحاولة تفهم الآلية التى تضمن المزيد من فرص نجاحها يساعد حثيثا على تفهم العلماء لآلية عمل الجينات ، وهذا فى حد ذاته لن يخلو من تطبيقات مفيدة فى المستقبل .

وتوفر تقنية الاستنساخ التحكم التام فى شق الجنين ، أى أننا نستطيع – حسب رغبتنا – الحصول على ذكر أو أنثى ، ذلك أنه إن كان المرغوب هو الحصول على ذكر أجرى أدماج البويضة مع نواة خلية جسمية من ذكر ، وإذا أريد جنين أنثى أجرى إدماج البويضة مع نواة خلية جسمية من أنثى . ويعتقد البعض أن ذلك قد يؤدى إلى خلل فى التوازن الطبيعى القائم حاليا بين أعداد الذكور والإناث .

وفى تطور آخر ، استطاع معمل أبحاث فى جامعة تكساس الحصول على « فئران دون رأس » ، كما استطاع معمل أبحاث آخر فى جامعة « باث » Bath الحصول على « ضفادع بلا رأس » . وقد تم ذلك عن طريق التعرف على الجينات المسئولة عن تكوين الرأس فى المرحلة الجينية ، ثم استئصالها . ومن المقطوع به أن الهدف من هذه التجارب

هو التمهيد لإجراء مثيلاتها على الإنسان . وقد علق عالم الأحياء « لى سيلفر » Lee Silver من برنستون Princeton على تلك التجارب قائلا :
« إن هذه الأبدان البشرية عديمة الرأس – إذا ما أمكن الحصول عليها – لا تعتبر أشخاصا ، فهى تفتقد إلى الوعى ، ومن المشروع تماما المحافظة عليها حية كمصدر للأعضاء التى قد يحتاج الفرد إليها كبديل لأى من أعضاء جسمه التى يريد استبدالها » ومن المفترض أن تقترن هذه التقنية مع تقنية الاستنساخ ، وبذلك يمكن باستخدام خلية جسمية واحدة من الإصبع مثلا الحصول على بدن يماثل صاحب الإصبع تماما – ولكنه بدون رأس – ليأخذ منه ما شاء من أعضاء دون أن يطردها جسمه ، حيث لن تتولد مناعة ضد هذا العضو المنقول لتشابه خصائصه تماما مع صفات الشخص صاحب خلية الإصبع . ويعتقد « سيلفر » أن « لا شيء فى هذا العمل يعد خطأ من الناحية الفلسفية أو الناحية المنطقية ، وعلينا أن نقنع المتشككين بأن ذلك عمل سليم تماما » . وفى العدد الصادر فى ١٩ يناير ١٩٩٨ من مجلة تايم الأمريكية علق أحد أشهر محرريها ويدعى « تشارلس كروثامر » Charles Krauthammer قائلا : « عندما نجد علماء بارزين يؤيدون هذا التوجه ، فإن ذلك يعنى أننا نواجه هاوية أخلاقية ، فالإنسان هو غاية فى حد ذاته وليس وسيلة – إن التكنولوجيا الحيوية لن تسبب دمارا أسوأ من خلق بدن بشرى ثم نقوم بنزع أحشائه لاستخدامها كقطع غيار – إن استنساخ البشر هو تكنولوجيا نرجسية . ولا شيء

يعظم النرجسية أكثر من الخلود ، وهذه الأبدان عديمة الرأس تهدف إلى تحقيق هذه الغاية – إن ما قام به كلنتون من تشكيل لجنة أوصت بحظر مؤقت على الاستنساخ فى ظل ما تردد على لسان العالم الفيزيائى « ريتشارد سيد » (راجع الفصل الثانى) يعنى أن الوقت قد أزف ، ولم يعد يجدى تشكيل لجنة لا حول لها أو إجراء حظر لا معنى له – إن انتاج مخلوقات بشرية بلا رأس عمل وحشي ويعتبر جريمة عظمى ، وإذا تقاعسنا عن مواجهة بربرية هذه التقنية المتقدمة ، فسوف نستحق أن نعيش فى الخراب الذى تبشر به هذه التقنية ! » .

وقد عبر كثير من الكتاب عن أن مكمن الخطر هو التعجيل باستنساخ البشر عن طريق ما يمكن أن تقوم به سرا المعامل الخاصة فى الدول الغربية – ودون حاجة إلى تمويل من الحكومات .

ويبدو أن هناك إجماعا على أن استنساخ البشر عمل غير مرغوب فيه ، وأن أضراره أكبر من منافعه ، وأنه سيضع البشرية فى مأزق غير مسبوق ، له تداعيات مفزعة ومن الصعب الإلمام بعواقبه . وكنا استعرضنا فى الفصلين الأول والثانى بعض جوانب هذا الأمر ، وكانت فكرة استنساخ الإنسان قد الهبت خيال كتاب العلوم منذ سنوات طويلة . ففي عام ١٩٧٨ كتب « دافيد رورفيك » David Rorvik كتابا بعنوان « In his image :the Cloning of a Man » ، زعم فيه الاستنساخ السرى لرجل ثرى . وقد قامت ثورة فى الأوساط العلمية

والقانونية حينئذ تطالبه بدليل صحة زعمه . مما دعى ناشر الكتاب إلى التصريح – بعد محاكمة قانونية – بأن ، ما ادعاه « رورفيك » فى كتابه هو محض هراء وخداع « a fraud and a hoax .

ومن ناحية أخرى فالبعض يأمل فى أن يلعب الاستنساخ مع مستقبل الأيام دورا هاما فى إكثار الأنواع الحيوانية التى فى سبيلها للانقراض أو تلك التى لا تتناسل فى الأسر beleaguered species . ففى أغسطس ١٩٩٧ عقد فى برلين اجتماع لعلماء البيولوجيا المهتمين بقضية المحافظة على التنوع البيولوجى بمشاركة جمعية علمية ذات علاقة فى منيسوتا بالولايات المتحدة الأمريكيةوذلك لمناقشة الآمال والاحياطات المتوقعة نتيجة استخدام الاستنساخ فى إنقاذ الحيوانات المعرضة للانقراض . ومن الطريف أن نذكر أن عالم تكاثر الحيوان كورت بنيرشكى Kurt Benirschke نائب رئيس حديقة الحيوان فى سان ديجو بولاية كاليفورنيا الأمريكية كان قد دأب منذ عام ١٩٧٥ على حفظ خلايا ليفية (Fibroblasts) فى النيتروجين السائل من أنواع الحيوان المهددة تحسبا لدراسات وراثية مستقبلية معينة . وعقب نجاح ويلموت وزملائه فى سكوتلندة بزغت فكرة لدى المسئولين فى مركز التكاثر للأنواع المهددة :

Centre for Reproduction of Endangered Species (CRES)

الملحق بحديقة سان دييجو ، بأن يستخدموا هذه الخلايا الليفية فى

استنساخ هذه الأنواع الحيوانية . وقد عمل « بنيرشكى » أيضا على التعاون مع المختصين فى الصين للحصول على خلايا من دولفين نهر يانجتز Yangtze River المهدد بالانقراض . وقد لاحت فى الأفق أيضا آمال إنقاذ حصان « برذوالسكى Przewalski horse ووحيد القرن السومطرى Sumatran rhinoceros والوعل الأسبانى « Spanish ibexونمر جنوب الصين . South China tiger

وقد أوضح أوليفر رايدر Oliver Ryder عالم علم الوراثة بمركز التكاثر للأنواع المهددة فى سان دييجو أن التكاثر بين حيوانات مستنسخة من عدة أصول خلوية من حيوانات فنت منذ سنوات طويلة يمكن أن يثرى التنوع البيولوجى من جديد . واستطرد أيضا قائلاً إن الاستنساخ يفيد الحيوانات التى لا تتكاثر فى الأسر مثل حيوان الباندا العملاق GiantPanda ، ذلك أنه إذا أنجب الباندا مولودا وحيدا فهذا يعنى أن نصف المحتوى الجينى للباندا قد فقد . أما إذا استنسخ من حيوان الباندا عشرة أفراد وأعطى كل منهم مولودا واحدا فهذا يعنى أن الحيوان الذى بدأنا به قد أعطى عشرة مواليد ، وبذلك نكون قد حافظنا على ٩٥٪ من محتواه الجينى ، وذلك حسب المعادلة :

$$\text{The kept genetic information} = 1 - \frac{1}{2n}$$

حيث يمثل الحرف (n) عدد المواليد .

وقد أوضح « رايدر » صعوبة إجراء عمليات الاستنساخ بالاستفادة من الخلايا المجمدة فى مركز التكاثر للأنواع المجمدة فى سان دييجو لعدة أسباب منها مدى صلاحية الخلايا الليفية لعمليات الاستنساخ ، والجهل بدورة التكاثر فى هذه الحيوانات مما يصعب عملية الحصول على بويضاتها فى المرحلة المناسبة لنقل الأنوية الجسدية إليها ، وذلك على عكس الحال فى الأغنام التى أجرى ويلموت وزملاؤه تجاربهم عليها - فدورة تكاثرها مدروسة تماما .

والسبب الثالث لصعوبة إجراء عمليات الاستنساخ هو طبيعة المحاليل الكيميائية التى تستخدم مع الخلايا المعطية donor cells والبويضات المستقبلة recipient ova فى هذه الأنواع الحيوانية ، حيث أن لكل خلايا احتياجاتها المعينة من المعاملات بالمحاليل الكيميائية .ويضيف « رايدر » قائلاً : إن استخدام إناث هذه الحيوانات القليلة العدد فى عمليات حمل الجنين يعطل الاستفادة من بويضاتها .. إلا أن نجاح بعض العلماء الأمريكان والإنجليز فى إتمام ولادة حمار مخطط من مهرة يوحى بإمكانية استخدام إناث لأنواع حيوانات متوفرة وذات قربى كأمهات بديلة تحمل الأجنة المستنسخة حتى تتم ولادتها .

وقد أشار كل من « رايدر » و « بنيرشكى » إلى أن (مستقبل الأنواع الحيوانية الأكثر صلاحية the fittest للاستنساخ لاشك أنه أفضل من ذلك الخاص بالأنواع التى لا يمكن استنساخها) .

وقد عقب العالم جون كوهين على ذلك قائلاً : (إن هذا المفهوم لكلمة الأصلح The fittest لم يدر بخيال « تشارلس داروين » قط) !

والحق فإن عمليات الاستنساخ التى قام بتجربتها العلماء على الحيوانات هو عمل تقوم به الطبيعة فى عالم النبات منذ آلاف وملايين السنين ، ويقوم به كذلك المزارعون منذ قرون . فتكاثر البكتريا يعطى « نسخ متشابهة » ، والتكاثر اللاجنسى للنباتات يعطى « نسخ متشابهة » – بل أن لفظ (Clone) بمعنى « نسخ » هو لفظ مشتق من كلمة لاتينية تعنى « فرع » a branch أو غصين a twig . وقد تم فى عام ١٩٦٠ استنساخ الجزر تجريبيا من خلايا عوملت فى مزرعة خلوية كما أجرى الاستنساخ بنجاح فى حالة البطاطس .

ولا شك أن الاستنساخ فى المحاصيل الزراعية يجلب عوائد اقتصادية وفيرة كما أنه أسهل كثيرا فى تقنية التطبيق عما يقوم به العلماء تجريبيا على الحيوانات ، لكننا فى عالم الحيوان أيضا نجد كثيرا من اللافقاريات تتكاثر فى الطبيعة بالاستنساخ كما هى الحال فى العجليات Rotifers والقشريات Crustaceans والحشرات Insects . وأنت إن قمت بتقطيع نجم البحر إلى قطع فإن كلا منها سيتجدد ليعطى فردا جديدا ، وهذه الأفراد هى نسخ متشابهة . وبالإضافة إلى ذلك فإن التكاثر البكرى Parthenogenesis – أى تكوين أفراد من بويضات غير مخصبة – الذى نراه فى اللافقاريات بكثرة وتم رصده أو إستحثاثه فى حالات

نادرة فى بعض الفقاريات مثل الدجاج الرومى والأرانب يعتبر تكاثرا بالنسخ . أما فى حيوان « المدرع » Armadillo – وهو حيوان ثديى يعيش فى أمريكا الوسطى وأمريكا الجنوبية – فهو ينجب فى كل مرة أربعة أو ثمانية توائم متماثلة ، أى أن الأنثى بعد تزاوج عادى تلد هذا العدد من النسخ المتطابقة . وهكذا نجد أن الطبيعة تنفذ الاستنساخ على طريقتها دون تدخل من الإنسان !

وقبل ثلاثة عقود ، نشأ علم جديد هو « البيولوجيا الجزيئية » « Molecular Biology » بتقنياته المتعددة ، ومنها تقنية الهندسة الوراثية أو الهندسة الجينية Genetic Engineering . وعن طريق هذه التقنيات تمكن العلماء من تغيير مكونات المادة الوراثية لبعض الكائنات أو نقل جزء من المادة الوراثية من كائن إلى آخر –وبذلك تكتسب هذه الكائنات إمكانيات وقدرات جديدة لم تكن لديها من قبل . ومن المنطقى أن يفكر العلماء فى استخدام الاستنساخ لإكثار هذه الكائنات المعدله .

وقد أعلن « رون جيمس Ron James مدير مؤسسة PPL Therapeutics للعقاقير فى أدنبرة والتى ساهمت فى تمويل بحث ويلموت لإنتاج الشاة « دوللى » ، أنهم يسعون فى النهاية إلى إنتاج قطيع من الأغنام مهندسة وراثيا لتفرز مع لبنها أنزيمات وعقاقير معينة يحتاجها المرضى ، وأن المستهدف حاليا هو الحصول على قطيع من الأغنام عن طريق الاستنساخ يمكنها أن تنتج كميات من اللبن الذى

يحتوى على مركب alpha-l-antitrypsin لإستخدامه لتثبيط انزيم « إيلاستيز elastase الذى يدمر الرئات والبنكرياس فى حالة الإصابة بمرض التليف الحوصلى Cystic fibrosis . والذى يعنيه « رون جيمس » هو ازدواج تقنية الاستنساخ cloning مع تقنيات البيولوجيا الجزيئية ومنها تقنية الهندسة الوراثية ، بمعنى إضافة جينات معينة إلى البرنامج الجينى الموجود فى أنوية الخلايا الجسدية المنقولة إلى البويضات . ولا شك أن العمل فى هذا الاتجاه يُمكن العلماء من إنتاج كميات هائلة من أعداد كبيرة من العقاقير والمستحضرات ذات الأهمية الطبية مثل عامل تجلط الدم البشرى ومادة الفيبرينوجين . ووفقًا لهذا الاتجاه فإن ازدواج تقنية الاستنساخ مع تقنية الهندسة الجينية يمكن أن يعود على الإنسان بفوائد لا حصر لها –ولكن يمكن القول أن الذى سيستفيد بثمار هذا الإنجاز هى شركات المستحضرات الطبية فى الدول صاحبة هذه التقنيات التى عادة ما توصف بأنها « تقنيات عالية » High Tech . ومما يذكر أن « هارى جرفنز » Harry Griffins مساعد مدير معهد روزلين الذى تم فيه الحصول على النعجة دوللى بالاستنساخ ، صرح بأن المعهد « يمنع وصول هذه التقنية إلى اليد الخطأ » . وهكذا نرى أن صاحب التقنية هو صاحب اليد العليا فى المنع والمنح ! وياليت ذلك كان قاصرًا على تقنية الاستنساخ ، ولكنه مجرد نموذج لاحتكار التقنيات الحادث فى مجالات أخرى قد تكون أكثر أهمية فى الوقت الحاضر على الأقل .

وقد استطاع العلماء تغيير المحتوى الجينى لبعض النباتات والحيوانات Genetically-modified عن طريق إدخال جينات لا تخص هذا النوع من النبات أو الحيوان ، وبذلك تم توليف جينات من كائنات بعيدة تمام البعد عن بعضها البعض ، وفى هذا الصدد تم على سبيل المثال إدخال جينات من بكتريا إلى نباتات ومن الحيوانات إلى البكتريا ، وذلك باستخدام تقنيات الهندسة الوراثية ، وقد لعبت « إنزيمات القصر » Restriction Enzymes دورا هاما فى بعض هذه التقنيات حيث يتم بها (قص) جين ما من كائن حى تمهيدا (للزقه) فى الكائن الحى الآخر وذلك بعد قص حمض DNA الخاص به فى موقع معين باستخدام الإنزيم نفسه لإيجاد مكان يلتحم فيه الجين المنقول ، وكان قد اكتشفت هذه الانزيمات بواسطة العالم الأمريكى « سميث » Hamilton O.Smith فى عام ١٩٧٠ . وقد حصل من أجل ذلك على جائزة نوبل عام ١٩٧٨ ، ويطلق على النباتات المعدلة وراثيا اسم « نباتات عبر جينية » Transgenic Plants ، كما يطلق على الحيوانات المعدلة ، وراثيا اسم « حيوانات عبر جينية » Transgenic Animals . وفى جميع هذه الحالات يظهر الكائن الحى المنقول إليه الجين صفة أو نشاطا بيولوجيا لم يكن يظهرها من قبل . ويستفيد الإنسان من هذه الكائنات المعدلة وراثيا فى أن يكون – على سبيل المثال – إنتاجها من مكون معين أكثر وفرة أو أكثر نقاوة أو أرخص تكلفة ، أو أن يكون الكائن المعدل ذا قدرة أكبر على تحمل ظروف بيئية صعبة مثل درجة الحرارة العالية أو الملوحة أو الجفاف أو يمكنه مقاومة الآفات .

ومما يذكر أنه تم الاستعانة بالبكتريا المعدلة جينيا فى تخليق البروتينات البشرية ، ومن أشهر الإنجازات فى هذا الصدد استخدام البكتريا فى تخليق هرمون سوماتوستاتين Somatostatin البنكرياسى البشرى فى عـــام ١٩٧٧ ، وهرمــــون الإنسولـــين البشـــرى فى عـــام ١٩٧٨ والــذى صرحت إدارة العقاقـــير الأمريكيـــة Federal Drug Administration (FDA) بتسويقه فى عام ١٩٨٢ ، ويعتبر استعمال مرضى مرض السكر للانسولين البشرى أفضل من استخدامهم لإنسولين الأبقار ، حيث أن الأخير يختلف فى تركيبه فى إثنين من الأحماض الأمينية من جملة (٥١) حمضا أمينيا المكونة للإنسولين البشرى ، مما يخلق حساسية مناعية عند بعض المرضى ، كما تم بالأسلوب نفســه تخليق بروتـــين « إنترفيرون » Interferon الذى له خصائص مضادة للسرطان anticancer ومضادة للفيروسات antiviral .

وقد تزايدت أعداد أنواع المحاصيل المعدلة وراثيا حتى بلغت ٤٣ محصولاً تنزل الأسواق منها ٢٧ فى الولايات المتحدة وحدها ، ٨ فى كندا ، ٢ فى دول الجماعة الأوروبية ، وقد ذكرت مجلة نيتشر فى عددها الصادر فى ٢٤ يوليو ١٩٩٧ أنه فى عام ١٩٩٥ بلغ عدد الحيوانات المعدلة وراثيا فى بريطانيا وحدها ما يقرب من ٢١٥,٠٠٠ حيوان ، وأن هذا العدد يزداد مع الوقت .

وأذكر أننى عندما كنت فى بريطانيا فى أوائل عام ١٩٩٥ كانت

الطماطم عبر جينية تغمر الأسواق – وهى تتميز بقدرتها على الاحتفاظ بسلامتها ورونق شكلها لمدة طويلة فى الأسواق دون تلف . وكان الحديث المثار فى هذه الفترة هو ما يطالب به المستهلكون من حيث حقهم فى معرفة أن السلعة التى يشترونها معدلة وراثيا ، وذلك حفظا لحق المستهلك فى اختيارها او اختيار سلعة منتجة بالطريقة التقليدية Conventional . وفى هذه الفترة قرأت فى الصحف البريطانية أنهم فى أستراليا توصلوا بالتقنيات عبر جينية إلى إنتاج أغنام ينسلخ عنها الصوف تلقائيا كل فترة معينة Self- Sheering Sheep ، فيتوفر بذلك الجهد والمال الذى ينفق فى جز الصوف من الأغنام .

ويدعو البعض إلى عدم تداول نباتات معدلة جينيا كغذاء ، حيث أنها تشكل مادة غذائية لم يألفها الجسم من قبل ، وقد تسبب حساسية طبية ، كما أن تعديل الصفات الوراثية لهذه النباتات كان عبر تقنيات استخدمت فيها الفيروسات والبكتريا ، ولهذه الاسباب وغيرها تصاعدت صيحات فى بعض الدول الأوروبية مثل سويسرا ضد هذه المنتجات الزراعية . وعلى الطريق نفسه قامت فى عام ١٩٩٦ اعتراضات فى الاتحاد الأوروبى على استيراد الذرة المعدلة وراثيا genetically-tailored من الولايات المتحدة الأمريكية والتى قامت شركة سيبا جايجى Ciba-Geigy السويسرية بتطويرها ، وتتميز هذه الذرة بأنها مقاومة للآفة المعروفة باسم « ثاقبة الذرة الأوروبية »

« European corn borer » عن طريق إدخال جين نوع من البكتريا يسمى« Bacillus thuringiensis » إليها والذى يجعل أحد البروتينات ساما لهذه الآفة . كما تتميز هذه الذرة بوجود جين يعمل على مقاومة مبيدات الأعشاب مما يجعل هذه المبيدات ضارة بالأعشاب ، ولكنها غير ضارة بنبات الذرة . وقد اعتبرت هذه الذرة مأمونة كغذاء فى الولايات المتحدة وكندا واليابان على عكس ما حدث فى أوروبا ، وقد اعتمدت الاعتراضات الأوروبية على احتمال أن (ينتقل) هذا الجين إلى الأعشاب ذاتها مما يجعل أمر مقاومتها يزداد صعوبة . كما أن الوضع الجديد يمكن أن يشجع على استخدام مبيدات الأعشاب بكميات كبيرة مما يؤثر على عناصر البيئة الأخرى تأثيرا سيئًا ، وفى بريطانيا قالت اللجنة الاستشارية للأغذية الجديدة والعمليات Advisory Committee on Novel Foods and Processes (ACNFP) أن الجين المقاوم لبعض المضادات الحيوية ومنها الأمبسلين المستخدم فى عمليات تطوير هذه الذرة يمكن أن ينتقل إلى البكتريا التى تعيش فى أمعاء الحيوانات التى تتناول هذه الذرة فى غذائها على حالتها . إلا أن الشركة المعنية أنكرت ذلك على أساس انه لم يسبق رصد أى حالة لانتقال مادة د . ن . أ DNA من مادة غذائية إلى الكائنات الدقيقة فى أمعاء الحيوان . وقد أوضحت استطلاعات الرأى أن ٨٥٪ من المستهلكين فى أوروبا يجتنبون الغذاء المعدل وراثيا genetically-altered food إذا ما كانت لهم حرية الاختيار . وقد أدت الجهود الأوروبية

فى هذا الصدد إلى صدور التشريع الأوروبى الموحد للأغذية الجديدة novel foods فى السابع والعشرين من يناير عام ١٩٩٧ .

وفى نهاية نوفمبر ١٩٩٧ وافق الوزراء المعنيين فى دول الاتحاد الأوروبى على المسودة النهائية لضوابط حماية مخرجات التكنولوجيا الأحيائية مثل النباتات والحيوانات المحولة جينيا وما يخص نتائج التقنيات الحديثة فى مجال الجينات البشرية .

وتسجل لنا المراجع العلمية عددًا من الإنجازات التى تشكل حجر الزاوية فى تطور علم البيولوجيا الجزيئية والتى ستلعب دورًا هامًّا فى عمليات استنساخ الحيوانات المعدلة وراثيا ، ومن هذه النجاحات العلمية ما قام به « تيه بنج لن » Teh Ping Lin من جامعة كاليفورنيا بابتكار طريقة لحقن بويضات الثدييات فى عام ١٩٦٦ (شكل رقم ٢٨) . وفى عام ١٩٧٠ اكتشف « سميث » H.O. Smith إنزيمات القصر » كما سبق القول . وفى عام ١٩٧٨ قام « جردون » J.B.Gurdon وزملاؤه بدراسة تقنية حقن البويضات بحمض (د . ن . أ) (DNA) النقى ، وأوضح أن هذا الحمض فى بيئته الجديدة يمكنه مضاعفة نفسه ، وكذلك يمكنه تخليق بروتينات فى البويضة تعبر عن خصائص هذا الحمض المحقون . وفى العام نفسه (١٩٧٨) قام « مانياتس » وزملاؤه Maniatis et al بنقل جين من أرنب إلى فأر ، ويعتبر ذلك اختراقا علميا ذو شأن كبير ، إذ أنه يشكل فاتحة عمليات نقل جين من حيوان ثديى إلى حيوان ثديى من جنس آخر . وفى عام ١٩٨٠

قام جون جوردون وزملاؤه Jon Gordon et al من جامعــة بيل الأمريكيــة بحقن جين دخيل إلى « الأنوية القبلية » لزيجوت الفئران . وكان « خورانا » H.G. Khorana تمكن فى عام ١٩٧٩ من أن يحصل على جين كامل مخلق صناعيا . وفى عام ١٩٨١ استطاع « جبريل الفارادو أوربينا » Gabriel Alvarado Urbina تخليق قطع جينية آليا ، وفى عام ١٩٨٨ اقترح العالم « ساكى » Randall Saiki استخلاص انزيم يعرف باسم DNA Polymerase من بكتريا الينابيع الحارة المعروفة باسم **Thermus aquaticus** والذى يمكنه العمل عند درجة حرارة تصل إلى ٩٥°م وبذا أمكن استخدام هذا الإنزيم – الذى يعرف باسم Taq Polymerase بنجاح فى درجة حرارة عالية فى المعامل التى تعمل على مضاعفة حمض DNA فى الأنابيب لأغراض علمية متعددة عن طريق التقنية المعروفة باسم « تفاعل البلمرة المتسلسل » Polymerase Chain Reaction (PCR) . ولا شك أن هذه الإنجازات تفتح آفاقا جديدة فى إمكانيات تقنيات البيولوجيا الجزيئية ، وبالتالى تزيد من إمكانيات التعديل الوراثى فى عمليات الاستنساخ .

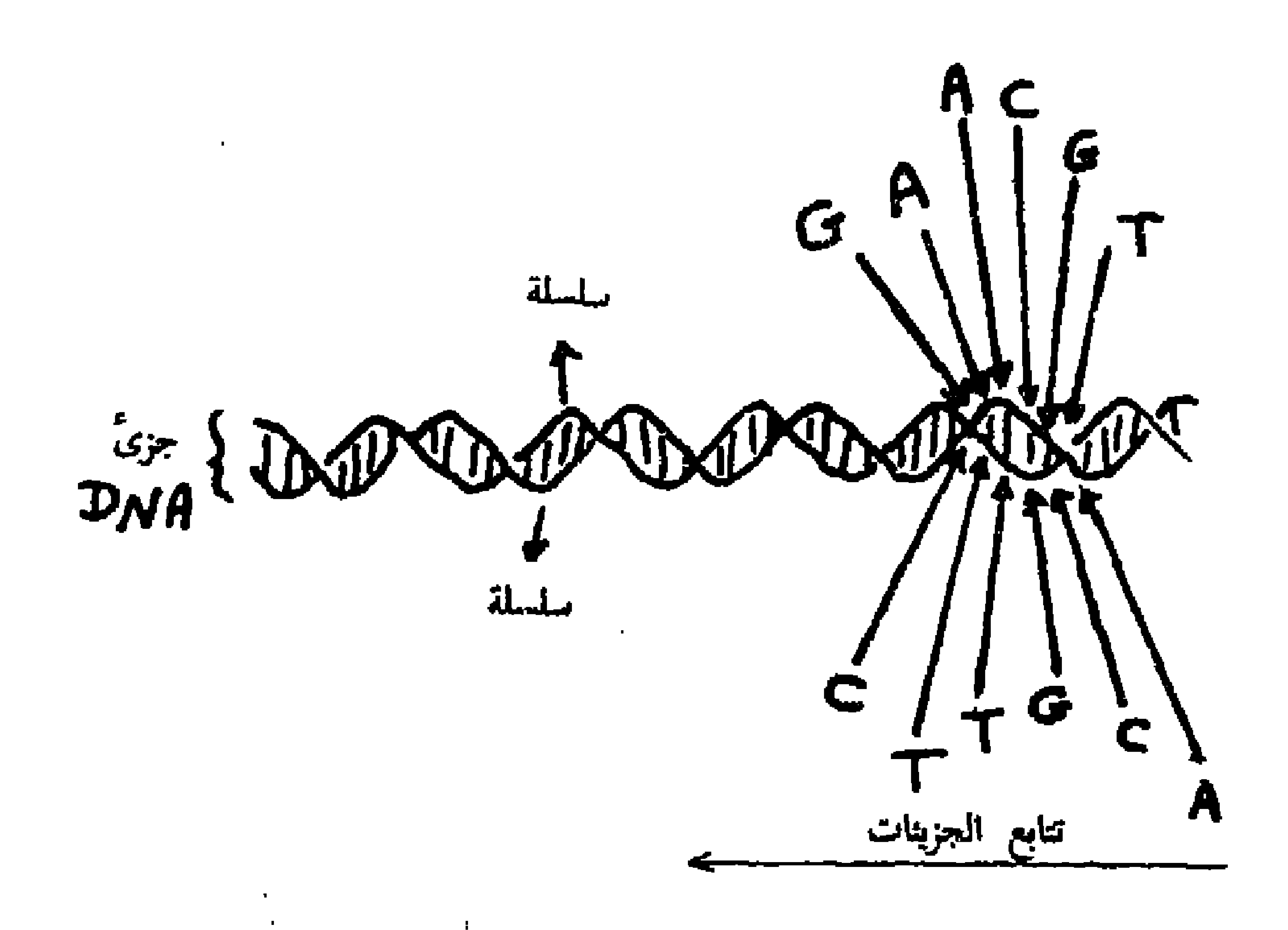
وقد حاول بعض العلماء استخدام تقنيات البيولوجيا الجزيئية فى علاج الأمراض المستعصية التى سببها خلل فى الجينات وذلك باستبدال جين المرض بآخر سليم ، وقد عرف هذا الاتجاه باسم « العلاج الجينى » Gene Therapy ، إلا أن هذا أيضًا خلق مشكلات جديدة مما حدى بمدير مركز الأخلاقيات بمعهد كيندى فى جامعة جورج تاون الأمريكية بالمطالبة بإيجاد ضوابط لهذا العمل . فكتب مقالة فى

عام ١٩٨٦ فى مجلة نيتشر بعنوان « أخلاقيات علاج الجينات البشرية » The ethics of human gene therapy ، وقد بدأت أول محاولة تطبيقية فى هذا الصدد فى عام ١٩٩٠ ، ولكن ظهرت مشاكل تقنية عديدة ، وقد كتب الطبيب الأمريكى الشهير رونالد كريستال Ronald Crystal فى أكتوبر سنة ١٩٩٥ مقالة تعرض فيها لمشكلة نقل الجينات إلى الإنسان . وقد ناقش القضية نفسها باحثان فى معهد سولك بكاليفورنيا ، فى مقالة لهما بعنوان « العلاج بالجينات — البشائر والمشاكل والتوقعات » Gene therapy - Promises, Problems and Prospects وذلك فى سبتمبر ١٩٩٧ ، ولا شك أن جهود العلماء فى هذا الصدد سوف تسفر فى يوم قريب عن ثورة فى علاج الأمراض البشرية عن طريق البيولوجيا الجزيئية ،وهنا يأتى السؤال ، هل ستقترن تقنية الاستنساخ مع تقنية العلاج بالجينات فى المستقبل ؟ أو بمعنى آخر ، هل سيتم فى المستقبل استنساخ كائنات سبق علاجها من مرض ما باستخدام الجينات ؟

ومن الجدير بالذكر أن كشف تتابع الجزيئات التى تتكون منها جزيئات حمض DNA المكونة للمادة الوراثية فى الكائنات المختلفة لقى اهتمام الدراسات الحديثة فى مجال البيولوجيا الجزيئية ، ذلك أن هذا التتابع (شكل ٢٩) يختلف فى الأنواع المختلفة من المخلوقات ، وهو الذى يحدد التركيب الجينى وبالتالى الصفات الوراثية .

ومما يذكر أن العالم البريطانى الشهير « فريديريك سانجر Frederick Sanger من جامعة كمبردج استطاع أن يكشف تتابع الجزيئات داخل حمض د . ن أ DNA فى ميتوكوندريا الخلايا البشرية ، وقد سبق القول أن الخلل فى حمض DNA الخاص بالميتوكوندريا يسبب للإنسان أمراضًا خطيرة تصيب الجهاز العصبى والأعين والعضلات ، وهى تورث عن طريق بويضات الأم حيث لا يحصل الزيجوت على أى من الميتوكوندريا من الحيوان المنوى للأب . وكان « سانجر » قد حصل على جائزة نوبل فى الكيمياء مرتين ، الأولى فى عام ١٩٥٨ عندما استطاع فى عام ١٩٥٣ كشف ترتيب الأحماض الأمينية المكونة للانسولين ، والثانية حصل عليها فى عام ١٩٨٠ لابتكاره مع زملاء له فى عامى ١٩٧٥ ، ١٩٧٧ طريقة لكشف تتابع الجزيئات المكونة لحمض د . ن . أ DNA . وفى عام ١٩٧٧ كان « فريديريك سانجر » - مع زملاء له - هم أول من استطاع الكشف عن تتابع الجزيئات المكونة للمادة الوراثية (DNA) فى أحد الكائنات ، وكان ذلك فى الفيروس المتطفل على البكتريا bacteriophage والمعروف باسم ϕX174 .

ولتفهم طبيعة تحكم الجينات فى الصفات الوراثية ولإدراك علاقات القربى بين الكائنات المختلفة ، عكف العلماء حديثا على إنجاز عمل مضنى وشاق ، وهو التوصل إلى تتابع الجزيئات المكونة لجزئ حمض DNA لعدد من الكائنات ، وقد يساعد ذلك العلماء أيضًا فى تحوير



شكل (٢٩)

جزىء حمض DNA – وهو يتكون من سلسلتين من جزيئات كيميائية معينة ، وترتبط السلسلتان بروابط عرضية . تلتف السلسلتان حول بعضهما لتكونا حلزونا مزدوجا . الحروف C, G, A, T الموضحة على جزء من السلسلتين المتواجهتين تمثل الجزيئات البنائية التى يتكون منها جزىء حمض DNA . تتابع ترتيب هذه الجزيئات عبر جزىء DNA يلقى اهتمام العلماء حيث أن هذا التتابع هو الذى يحدد التركيب الجينى ، وبالتالى الصفات الوراثية .

تركيبها الجينى بالحذف أو الإضافة أو الاستبدال أو التحفيز أو التثبيط وغير ذلك من وسائل تغيير النشاط الجينى بما يخدم الإنسان سواء فى تسخيرها لإنتاج مركبات معينة يحتاجها الإنسان ، أو فى درء أخطار هذه الكائنات . ومن أشهر الإنجازات فى مجال تحديد تتابع الجزيئات فى المادة الوراثية أذكر ما يلى :

= قيام العالم البريطانى « فريديريك سانجر » مع عدد من العلماء من بريطانيا وأستراليا وأمريكا وألمانيا وكندا بالتوصل إلى تتابع الجزيئات المكونة لجزئ حمض DNA الخاص بالفيروس ΦX 174 وكان ذلك فى عام ١٩٧٧ ، كما سبق القول .

= قيام عدد من العلماء فى ألمانيا الغربية (وقتئذ) بالتوصل إلى تتابع الجزيئات المكونة للمادة الوراثية فى شبيه الفيروس الممرض لنبات البطاطس والمسمى Potato Spindle Tuber Viroid (PSNA) وكان ذلك فى عام ١٩٧٨ .

= قيام عشرات من الباحثين من الولايات المتحدة الأمريكية بالتعاون معا للتوصل إلى تتابع الجزيئات فى حمض DNA الخاص بالبكتريا المسماة **Haemophilus influenzae** ، وكان ذلك فى عام ١٩٩٥ .

= فى عام ١٩٩٦ ، أعلن عشرات من الباحثين فى الولايات المتحدة الأمريكية أنهم تعاونوا معًا حتى توصلوا إلى تتابع الجزيئات

فى حمض DNA الخاص بالكائن البدائى المسمى **Methanococcus jannaschii** .

وقد حفل العام ١٩٩٧ بكثير من الإنجازات فى مجال اكتشاف تتابع الجزيئات فى المادة الوراثية الخاصة بعدد من الكائنات الحية ، وأذكر من ذلك ما يلى :

= أعلن ٦٣٣ عالم ينتمون إلى أكثر من ١٠٠ معمل أبحاث فى أوروبا وأمريكا وكندا واليابان أنهم تعاونوا معا ونجحوا فى التوصل إلى تتابع الجزيئات فى حمض DNA الخاص بالخميرة المسماة **Saccharomyces cerevisiae**. ويحتوى حمض DNA فى هذه الخميرة على ١٢ مليون جزئ تكون ٦٠٠٠ جين تقع على ١٦ كروموسوم . وقد اعتبر هذا نصرًا علميا عظيما .

= استطاعت مجموعتان من العلماء فى أمريكا واليابان - كل على حدة - التوصل إلى تتابع الجزيئات فى حمض DNA الخاص بالبكتريا الشهيرة المسماة **Escherichia coli** . وقد استغرق ذلك العمل سبع سنوات من الجهود المتواصلة التى بذلها هؤلاء العلماء .

= استطاعت مجموعة من عشرات الباحثين فى معاهد بحثية مختلفة فى الولايات المتحدة الأمريكية التوصل إلى تتابع الجزيئات فى حمض DNA بكتريا تسمى **Borrelia burgdorferi** التى تسبب مرضا معينا يصيب الإنسان يسمى lyme disease .

= أعلن ٤٦ عالم من ١٢ دولة أنهم استطاعوا معا التوصل إلى تتابع الجزيئـات فى حمـض DNA الخـاص بالبكتريا المسماة **Bacillus subtilis** ، وينتمى هؤلاء العلماء إلى فرنسا - اليابان - إيطاليا - ألمانيا - بلجيكا - هولنده - الولايات المتحدة - جمهورية أيرلندا - سويسرا - أسبانيا - كوريا - بريطانيا .

= استطاع عشرات من الباحثين من الولايات المتحدة الأمريكية والسويد التوصل إلى تتابع الجزيئات فى حمض DNA الخاص بالبكتريا المسببة للقرحة المعدية والمسماة **Helicobacter pylori** . وكان يعتقد من قبل أن قرحة المعدة تنتج أساسا تحت تأثير الضغوط العصبية التى يتعرض لها الفرد ، ولكن اتضح عدم صحة ذلك الاعتقاد .

= تم التوصل إلى تتابع الجزيئات فى حمض DNA الخاص بنوع من الكائنات البدائية يسمى **Archaeoglobus falgidus** . ويرجع الفضل فى ذلك إلى تضافر جهود العشرات من العلماء من معاهد علمية مختلفة فى الولايات المتحدة الأمريكية .

وتجدر الإشارة إلى أن معرفة تفاصيل البناء الجينى فى الكائنات المختلفة يساعد العلماء على توجيه ذلك البناء لمصلحة الإنسان . كما أن ازدواج تقنيات البيولوجيا الجزيئية مع تقنية الاستنساخ يعظم من الفوائد الناتجة عن كل على حده .

وفى ديسمبر ١٩٩٧ أعلنت المؤسسة العلمية القومية فى الولايات

المتحدة الأمريكية US National Science Foundation عن أنها خصصت أكثر من ٣٠ مليون دولار فى العام القادم (١٩٩٨) لأحسن فرق البحث التى ستعمل فى مجال التوصل إلى تتابع الجزيئات فى حمض DNA الخاص بالنباتات ذات القيمة الاقتصادية .

ومنذ عدة سنوات يعكف العلماء على دراسة تتابع الجزيئات فى حمض DNA الخاص بكروموسومات الإنسان ، ويستلزم ذلك جهدا مضنيا متواصلا لعدد كبير من صفوة العلماء نظرًا للبناء الضخم للتكوين الجينى فى الإنسان ، ولازال هذا العمل الجبار جاريًّا على قدم وساق . ولا شك أن استكشاف هذا التتابع سيساعد على تحكم الإنسان فى الجينات البشرية وسيؤدى ذلك إلى ثورة فى مستقبل ذلك المخلوق الفذ ، الذى هو الإنسان . ولكن لا شك أن مدى تأثير ذلك على البشرية لازال مجهولا وبلا حدود . وعلى سبيل المثال : ماذا لو استطاع العلماء السيطرة على الجينات التى تتحكم فى بصمات الأصابع ؟ وهل سيكتشف مستقبلا أن المواهب ومشاعر الحب ومواطن الضعف والقوة فى البناء النفسى والوجدانى فى الإنسان لها علاقة بالجينات ؟ وماذا لو استطاع العلماء عندئذ التحكم فى هذه الجينات وغيرها من تلك التى تسيطر على مختلف الفعاليات البشرية ؟

إن هناك من يتبنى مقولة أن تطور قدرات المعدات الالكترونية والاحتياجات المترتبة على غزو الإنسان للفضاء ، على سبيل المثال ،

تتطلب إعداد إنسان جديد له قدرات ذهنية وجسمانية توائم تلك الإختراقات ، وأن هذا الإعداد للإنسان الجديد سيكون عن طريق التحكم فى الجينات البشرية ، وربما أيضا بازدواج تقنية هذا التحكم مع تقنية الاستنساخ .

إن هذا الكتاب ليس مجال الحديث عن البيولوجيا الجزيئية أو إنجازات تقنية الهندسة الوراثية على أهميتهما البالغة . ولكن ما دعا إلى الإشارة إليهما هو إمكانية تطبيق الاستنساخ على حيوانات عبر جينية مما يعظم الاستفادة من الحيوانات المعدلة وراثيا - حيث أنه بالاستنساخ يمكن زيادة عدد الأفراد المشابهة طبق الأصل للفرد الذى تم تعديل محتواه الجينى لغرض ما .

وبمناسبة الحديث عن نقل صفة من صفات نوع من الكائنات الحية إلى نوع آخر ، أذكر بحثا نشر فى شهر مارس ١٩٩٧ فى المجلة العلمية الأمريكية المعروفة باسم « سجلات الأكاديمية القومية للعلوم Proceedings of the National Academy of Sciences . وفى هذا البحث قام العالم « إيفان بالاباان Evan Balaban من معهد العلوم العصبية فى « سان دييجو » بجعل الدجاج يصيح بصوت طائر السمان ،ويهز رأسه أثناء ذلك بنفس الطريقة المميزة التى يقوم بها السمان ، وقد تم ذلك بإجراء جراحة دقيقة فى أجنة هذين الطائرين وهى داخل البيض ، وليس عن طريق تقنية الهندسة الوراثية أو التهجين ، وتفصيل ذلك أن

هذا العالم قام بثقب قشرة البيض موضوع التجربة ،ثم اقتطع جزءًا صغيرًا من النسيج الذى سيكون مخ جنين الدجاج ووضع بدلا منه جزءًا مناظرًا من جنين السمان ، وبعد إتمام هذه الجراحة ، قام العالم بسد الثقب فى قشرة بيض الدجاج الذى من خلاله تم إجراء الجراحة ، ثم حفظ ذلك البيض المحتوى على الأجنة حتى تم الفقس ، وعندما كبرت أفراخ الدجاج ظهرت عليها الصفات سابقة الذكر والتى تنتمى إلى السمان وليس إلى الدجاج !! ولا شك أن هذه التجربة تفتح آفاقًا واسعة من التطبيقات المثيرة ، كما تفتح مجالات من الجدل بلا حدود ، ونترك كل ذلك لتفكير القارئ ! ، ثم يا ترى هل استنساخ هذا الدجاج مخلوط الصفات يعطى أيضا دجاجًا مخلوط الصفات ؟ أم سترجع الأمور إلى سابق عهدها ونحصل على دجاج بصفاته المعروفة عنه ؟ .

وخلاصة القول إن مستقبل الاستنساخ لازال جنينا فى رحم الغيب ، وهو يحمل بين ثناياه الخير والشر ، والإنسان وحده هو الذى عليه أن يضبط التوازن الدقيق بين المنفعة والضرر فى كل ما تحمله إليه طموحات عقله فى هذا الكون ، والجدير بالذكر أنه فى أكتوبر ١٩٩٧ نشرت دراسة علمية أجريت على ست مجلات علمية عالمية من خلال إصداراتها فى الفترة من ١٩٧٣ حتى ١٩٩٦ اتضح منها ازدياد حاد فى السنوات الأخيرة – فى معدل الدعوة إلى الالتزام بالأخلاقيات فى

الأبحاث البيولوجية ، وقد اشتدت الدعوة إلى المزيد من الضوابط عقب الإعلان عن نجاح الاستنساخ .

وبعد ، إن علينا ألا ننظر إلى اكتشافات العلوم وتطبيقاتها على أنها شيء عابر ومعاد لنسيج حياتنا ويخص غيرنا ولا ينتمى إلينا .

إن رياح القرن الواحد والعشرين تهب علينا بقوة – ونحن نقف على أعتابه – حاملة إلينا لواقح فى مجال علوم الأحياء ، أعطت بشائرها فى علوم وتقنيات البيولوجيا الجزيئية والهندسية الوراثية والمناعة وتجميد الأجنة وزراعة الأعضاء والأنسجة ، وعلينا فى مصر أن نعد التربة الصالحة لتستقبل هذه اللواقح لتنبت منها على أرضها الخير والصحة والرخاء ،لصالح شعبها الطيب ولتواصل مصر دورها لخير أمتها العربية وعالمها الإسلامى ولنتفاعل مع العالم من حولنا فى بلد شهد التاريخ الإنسانى فجره على أرضها .

وفى نهاية « الاستنساخ .. القصة كاملة » وهى قصة أحدث حدث علمى هز أرجاء الدنيا ، أجد لسان حالى يقول ما قاله « العماد الأصفهانى » : « إنى رأيت أنه لا يكتب أحدًا كتابًا فى يومه إلا قال فى غده : لو غير هذا لكان احسن ، ولو زيد هذا لكان يستحسن ، ولو قدم هذا لكان أفضل ، ولو ترك هذا لكان أجمل ، وهذا من أعظم العبر ، وهو دليل على استيلاء النقص على جملة البشر » .

ولا أجد ختامًا لهذا الكتاب خيرا من قوله تعالى ﴿ لا يكلف الله نفسًا إلا وسعها لها ما كسبت وعليها ما اكتسبت ربنا لا تؤاخذنا إن نسينا أو أخطأنا ، ربنا ولا تحمل علينا إصرًا كما حملته على الذين من قبلنا ربنا ولا تحملنا ما لا طاقة لنا به واعف عنا واغفر لنا وارحمنا أنت مولانا فانصرنا على القوم الكافرين ﴾ البقرة (٢٨٦) .. صدق الله العظيم .

المحتويات

الموضـــــــوع	الصفحات
الفصل الأول : الاستنساخ وأصداؤه	٥
الفصل الثاني : ماذا قالوا هناك عن الاستنساخ ؟	١٧
الفصل الثالث : كيف أجرى ويلموت وزملاؤه الاستنساخ ؟	٣١
الفصل الرابع : الدورة الخلوية ومراحل الانقسام الخلوى وعلاقتهما بنجاح الاستنساخ	٥٣
الفصل الخامس : الاندماج الخلوى	٧١
الفصل السادس : تجارب الاستنساخ على الضفادع . .	٨٦
الفصل السابع : الطريق إلى « دوللى »	٩٩
الفصل الثامن : مستقبل الاستنساخ	١٣٠

نبذة عن المؤلف

الأستاذ الدكتور منير على عز الدين الجنزوري

- أستاذ بكلية العلوم جامعة عين شمس

- حصل على درجة البكالوريوس فى العلوم مع مرتبة الشرف من جامعة القاهرة عام ١٩٦٤ وحصل على درجة الماجستير فى عام ١٩٧٠ ودرجة الدكتوراه عام ١٩٧٥ .

- تدرج فى الوظائف الجامعية من وظيفة معيد حتى حصل على الأستاذية فى جامعة عين شمس فى مارس ١٩٨٧ فى تخصص بيولوجيا الخلية .

- عمل فى فترات متعددة فى الأبحاث المتعلقة ببيولوجيا الخلية فى كلية هولواى الملكية بجامعة لندن وكذلك فى مستشفى سان ميرى التابعة للجامعة نفسها .

- عمل عميدًا بالوكالة لكلية التربية للمعلمات فى مدينة عبرى بسلطنة عمان فى العام الدراسى ١٩٩٥/ ١٩٩٦ .

- عضو اتحاد الكتاب بجمهورية مصر العربية .

• نشر اسمه ونبذة عن تاريخه العلمى والوظيفى فى البيوجرافيا العالمية الصادرة فى إنجلترا ، وكان رشح لذلك فى عام ١٩٩٤ أثناء زيارته لبريطانيا .

• أشرف على العديد من الرسائل العلمية لدرجتى الماجستير والدكتوراه .

• شارك فى تأليف عدد من الكتب العلمية الجامعية فى مجال بيولوجيا الخلية وكيمياء الأنسجة والتقنية المجهرية .

• ألف العديد من الكتب العلمية للأطفال .

• عضو عدد من الجمعيات العلمية بمصر والخارج .



مصر فى عيون الغرب وأدبه

د . منى مؤنس

رقم الإيداع	١٩٩٩/٤٢٢٦
الترقيم الدولى	977-02-5776-1 ISBN

١/٩٩/٢١

طبع بمطابع دار المعارف (ج . م . ع .)



يقدم هذا الكتاب استعراضًا شاملاً عن
ستنساخ ، وهو الاختراق العلمى الذى
ئل الكافة ، وتردد صداه فى كل أنحاء العالم .
خلال صفحات الكتاب ، يعرض لنا المؤلف
حًا شاملا لمحاولات الاستنساخ التى قام
العلماء على مدى خمسين عامًا ، ويشرح
بأسلوب علمى يتميز بالبساطة ، الجوانب
لمية التى أدت إلى نجاح العالم البريطانى
يان ولموت » فى الحصول على النعجة دوللى
طريق الاستنساخ .

ويلقى المؤلف الضوء على أصداء
ستنساخ فى مصر والعالم ، كما يشرح علاقة
ستنساخ بتقنيات البيولوجيا الجزيئية
جراحات الدقيقة ، والجوانب الإيجابية
سلبية للاستنساخ ، وكذلك المخاوف
بصة بنا إذا ما تم استنساخ البشر .

٤٠٦٨٧٧/٠١